

Grado en Ingeniería Informática

Curso 2018-2019

Trabajo Fin de Grado

“Aplicación móvil para decoración de espacios con realidad aumentada”

Autor

Sheila Pinto Orbis

Tutor

David Griol Barres

Leganés, septiembre de 2019



[Incluir en el caso del interés de su publicación en el archivo abierto]

Esta obra se encuentra sujeta a la licencia Creative Commons **Reconocimiento – No Comercial – Sin Obra Derivada**

RESUMEN

Este Trabajo de Fin de Grado se basa en la implementación de una aplicación de decoración que utiliza técnicas de realidad aumentada para ofrecer al usuario dos formas de visualización de diferentes objetos mobiliarios en un espacio escogido. La aplicación se ha desarrollado utilizando el Kit de Desarrollo Software de Wikitude para el desarrollo de las técnicas de realidad aumentada y el motor de videojuegos Unity para la implementación de la aplicación en la plataforma Android.

Este proyecto se puede dividir en dos fases bien diferenciadas. Por una parte, el desarrollo de la aplicación 3Design y su posterior documentación en la que se definen y describen las ideas de análisis, diseño e implementación tomadas, así como las pruebas y evaluación de la misma. Por otra parte, el análisis y la investigación realizadas acerca de los dispositivos y sistemas operativos móviles, así como la historia y avances actuales de la realidad aumentada, sus aplicaciones en el ámbito de la decoración y la comparación de las características entre las diferentes herramientas de realidad aumentada y desarrollo Android disponibles en el mercado.

Como conclusión, este proyecto podría tener un buen impacto tanto social como económico, así como un gran alcance entre los usuarios Android que podrán gozar, gracias a la aplicación 3Design, de numerosas funcionalidades y objetos mobiliarios entre los que escoger y que, además, le proporcionará una mayor comodidad a la hora de decorar sus hogares.

Palabras Clave: Realidad aumentada, Wikitude, Unity, Aplicaciones móviles, Decoración

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría expresar mi agradecimiento a mi tutor de este Trabajo de Fin de Grado David Griol, así como al resto de profesores que he tenido a lo largo del Grado de Ingeniería Informática por la ayuda y orientación prestada y los conocimientos adquiridos gracias a ellos.

Dar las gracias, también, a mi familia y, sobre todo, a mis padres Mario y Alicia y a mi hermano Álvaro por apoyarme en todo lo que hago y por ayudarme a cumplir mis sueños.

Por último, pero no menos importante, me gustaría agradecer a mis amigos, a los que ya considero parte de mi familia, por acompañarme en esta etapa y por hacer de mí la persona que soy ahora.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos	1
1.2. Motivación	2
1.2.1. Motivación personal.....	2
1.2.2. Motivación externa	3
1.3. ¿Qué es 3Design?	5
1.4. Fases de desarrollo.....	6
1.4.1. Planificación	6
1.4.2. Desarrollo	6
1.4.3. Documentación	7
1.5. Medios utilizados	7
1.5.1. Documentación	7
1.5.2. Recursos software	8
1.5.3. Recursos hardware.....	8
1.6. Estructura de la memoria.....	8
CAPÍTULO 2 - ESTADO DEL ARTE	10
2.1. Estado del arte en los dispositivos móviles.....	10
2.2. Estado del arte en los sistemas operativos móviles.....	11
2.2.1. Android.....	14
2.2.2. iOS	15
2.3. Estado del arte de la realidad aumentada	15
2.3.1. ¿Qué es la realidad aumentada?.....	15
2.3.2. Realidad aumentada en ordenadores.....	18
2.3.3. Realidad aumentada en smartphones	19
2.3.4. Realidad aumentada en gafas y visores	22

2.4.	Estado del arte de la realidad aumentada en la decoración.....	24
2.4.1.	Pair 3D	24
2.4.2.	Istaging	24
2.4.3.	IKEA Place	25
2.4.4.	Decorator	26
2.4.5.	Roomle	26
2.5.	Plataformas de desarrollo de la realidad aumentada.....	28
2.5.1.	Vuforia.....	28
2.5.2.	Wikitude	29
2.5.3.	OpenCV.....	30
2.5.4.	ARCore.....	30
2.6.	Elección de la plataforma de desarrollo de realidad aumentada	31
2.7.	Entornos de desarrollo de aplicaciones Android	33
2.7.1.	Android Studio.....	33
2.7.2.	Unity.....	34
2.7.3.	Xamarin Studio	35
2.7.4.	Apache Cordova	35
2.8.	Elección del entorno de desarrollo Android	35
CAPÍTULO 3 – ANÁLISIS		36
3.1.	Casos de uso.....	36
3.2.	Requisitos del sistema.....	44
3.2.1.	Requisitos funcionales.....	45
3.2.2.	Requisitos de rendimiento	50
3.2.3.	Requisitos de interfaz.....	51
3.2.4.	Requisitos de usabilidad.....	51
3.2.5.	Requisitos de comprobación	52

3.3.	Matriz de trazabilidad	54
CAPÍTULO 4 – DISEÑO DE LA APLICACIÓN		56
4.1.	Recursos del sistema	56
4.2.	Diagramas de flujo	56
4.3.	Objetos 3D.....	60
3.2.1.	Muebles.....	61
3.2.2.	Construcciones	64
3.2.3.	Materiales	65
4.4.	Descripción de la interfaz.....	65
CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN		67
5.1.	InitialScene	67
5.2.	MainMenu.....	68
5.3.	AR - Catalogue	69
5.4.	Plane - Catalogue.....	82
CAPÍTULO 6 - EVALUACIÓN		94
6.1.	Pruebas unitarias.....	94
6.2.	Evaluación de la aplicación.....	102
6.2.1.	Metodología de la evaluación	103
6.2.2.	Resultados obtenidos.....	105
CAPÍTULO 7 - CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....		115
7.1.	Conclusiones.....	115
7.2.	Trabajo futuro	116
CAPÍTULO 8 - GESTIÓN DEL PROYECTO.....		118
8.1.	Marco regulador.....	118
8.2.	Entorno socio - económico.....	120
8.2.1.	Impacto social	120

8.2.2.	Impacto económico.....	120
8.2.3.	Impacto medioambiental.....	120
8.3.	Planificación	121
8.4.	Presupuesto del proyecto	124
8.4.1.	Costes de personal	124
8.4.2.	Costes de hardware.....	124
8.4.3.	Costes de software	125
8.4.4.	Otros costes.....	125
8.4.5.	Coste total	126
ANEXO A – GLOSARIO		127
ANEXO B - EXTENDED ABSTRACT		129
B.1.	Introduction	129
B.2.	Objectives.....	130
B.3.	Motivation.....	130
B.3.1.	Self – motivation	130
B.3.2.	External motivation.....	131
B.4.	Implementation.....	132
B.3.1.	InitialScene	133
B.3.2.	MainMenu	134
B.3.3.	AR – Catalogue	134
B.3.4.	Plane – Catalogue.....	135
B.5.	Conclusions	136
B.6.	Future work.....	138

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig 1. 1. Porcentaje de compradores desde dispositivos móviles [8]	4
Fig 1. 2. Logo de la aplicación 3Design	5
Fig 2. 1. Cuota de usuarios de móvil e internet [13]	10
Fig 2. 2. Diagrama del porcentaje de utilización de los dispositivos móviles [14]	11
Fig 2. 3. Diagrama de evolución del uso de los sistemas operativos de 2009 a 2016 [16]	12
Fig 2. 4. Cuota de mercado de los sistemas operativos en 2018 [18]	12
Fig 2. 5. Mapa mundial de ventas de iOS y Android [19]	13
Fig 2. 6. Porcentajes de ventas por sistema operativo en junio de 2018 [19]	13
Fig 2. 7. Porcentajes de ventas por sistema operativo en abril de 2019 [20]	14
Fig 2. 8. Logo del sistema operativo Android [21]	14
Fig 2. 9. Logo del sistema operativo iOS [24]	15
Fig 2. 10. Ejemplo de realidad aumentada [30]	16
Fig 2. 11. Ejemplo de realidad virtual [33]	17
Fig 2. 12. Ejemplo de realidad mixta [35]	18
Fig 2. 13. Juego Pokémon Go [42]	19
Fig 2. 14. Filtro de perro de Snapchat [44]	20
Fig 2. 15. Filtros varios de Snapchat [45]	20
Fig 2. 16. Ejemplo de tatuajes y uso de la aplicación Ink Hunter [47]	21
Fig 2. 17. Aplicación Measure [48]	21
Fig 2. 18. Ejemplo de realidad aumentada de Google [51]	22
Fig 2. 19. Google Glass [52]	22
Fig 2. 20. Uso de las HoloLens por un técnico de ascensores [55]	23
Fig 2. 21. Aplicación Pair 3D [56]	24
Fig 2. 22. Aplicación Istaging [57]	25
Fig 2. 23. Aplicación IKEA Place [58]	25

Fig 2. 24. Aplicación Decorator [59]	26
Fig 2. 25. Aplicación Roomle [60]	27
Fig 2. 26. Ejemplo de uso de un Target en Vuforia [63]	29
Fig 2. 27. Logo del SDK de Wikitude [71]	31
Fig 2. 28. Arquitectura del SDK de Wikitude [66].....	32
Fig 3. 1. Diagrama de casos de uso para el actor Usuario.....	36
Fig 3. 2. Diagrama de casos de uso para el actor Usuario RA	37
Fig 3. 3. Diagrama de casos de uso para el actor Usuario Plano.....	38
Fig 4. 1. Diagrama de flujo sobre el funcionamiento inicial de la aplicación	57
Fig 4. 2. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la actividad de RA.....	58
Fig 4. 3. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la actividad de visualización en el plano	59
Fig 4. 4. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la actividad de tracking de los objetos	60
Fig 4. 5. Prefab de las sillas beige, roja, verde y negra.....	61
Fig 4. 6. Prefab del sofá	62
Fig 4. 7. Prefab de los sillones beige y azul	62
Fig 4. 8. Prefab de las mesas cuadradas y redondas	62
Fig 4. 9. Prefab de la cama, el televisor y la lámpara	63
Fig 4. 10. Prefab de las puertas	63
Fig 4. 11. Prefab de la ventana pequeña.....	63
Fig 4. 12. Prefab de la silla beige con su correspondiente Box Collider.....	64
Fig 4. 13. Vista superior de un plano tridimensional en Unity	64
Fig 4. 14. Asignación de materiales para la silla beige	65
Fig 5. 1. Escena inicial de la aplicación	68
Fig 5. 2. Menú principal de la aplicación	69
Fig 5. 3. Panel de información de la escena AR-Catalogue	71

Fig 5. 4. Vistas del entorno real a través de la cámara en la escena AR-Catalogue	72
Fig 5. 5. Catálogo principal de la escena AR-Catalogue	73
Fig 5. 6. Paneles de las diferentes secciones del catálogo	74
Fig 5. 7. Visualización de un sillón en RA en una habitación real.....	75
Fig 5. 8. Visualización de varios muebles en RA sobre una habitación real.....	76
Fig 5. 9. Rotación y desplazamiento del sillón de la Fig 5. 7.	77
Fig 5. 10. Efecto de pulsar el botón de "Resetear"	77
Fig 5. 11. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la acción de "Exportar".....	79
Fig 5. 12. Efecto de pulsar el botón "Exportar" con varios objetos activos en la escena AR-Catalogue	80
Fig 5. 13. Efecto de realizar la acción "Capturar pantalla"	81
Fig 5. 14. Efecto de la acción de "Eliminar"	81
Fig 5. 15. Efecto de pulsar el botón de "Ver en tienda"	82
Fig 5. 16. Creación del plano con las medidas introducidas en la escena Plane-Catalogue	84
Fig 5. 17. Catálogo principal de la escena Plane-Catalogue	85
Fig 5. 18. Vista superior del plano con varios muebles	86
Fig 5. 19. Vista superior del plano con varios muebles rotados y desplazados	87
Fig 5. 20. Vista interior del plano con los muebles de la Fig 5. 18	88
Fig 5. 21. Cámara rotada y desplazada por la vista interior del plano	89
Fig 5. 22. Paneles de las secciones "Paredes" y "Suelos" del catálogo	90
Fig 5. 23. Vista interior del plano tras cambiar el color de las paredes y el material del suelo..	90
Fig 5. 24. Vista superior de una habitación y un salón simulados en 3D con 3Design.....	92
Fig 5. 25. Vista interior de un salón simulado con 3Design	92
Fig 5. 26. Vista interior rotada 90 grados y desplazada de un salón simulado con 3Design	93
Fig 5. 27. Vista interior rotada 270 grados y desplazada de un salón simulado con 3Design	93
Fig 5. 28. Vista interior con pared eliminada para una mejor visualización	93

Fig 6. 1. Gráfico de respuestas de la pregunta 1	106
Fig 6. 2. Gráfico de respuestas de la pregunta 2	106
Fig 6. 3. Gráfico de respuestas de la pregunta 3	107
Fig 6. 4. Gráfico de respuestas de la pregunta 4	107
Fig 6. 5. Gráfico de respuestas de la pregunta 5	108
Fig 6. 6. Gráfico de respuestas de la pregunta 6	108
Fig 6. 7. Gráfico de respuestas de la pregunta 7	109
Fig 6. 8. Gráfico de respuestas de la pregunta 8	109
Fig 6. 9. Gráfico de respuestas de la pregunta 9	110
Fig 6. 10. Gráfico de respuestas de la pregunta 10	110
Fig 6. 11. Gráfico de respuestas de la pregunta 11	111
Fig 6. 12. Gráfico de respuestas de la pregunta 12	111
Fig 8. 1. Diagrama de Gantt.....	123
Fig B. 1. Flowchart of the general functioning of the application.....	133

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Tabla comparativa de aplicaciones.....	27
Tabla 2. 2. Tabla comparativa de herramientas de RA	31
Tabla 3. 1. Plantilla de casos de uso	39
Tabla 3. 2. Caso de uso CU-01	40
Tabla 3. 3. Caso de uso CU-02	40
Tabla 3. 4. Caso de uso CU-03	40
Tabla 3. 5. Caso de uso CU-04	41
Tabla 3. 6. Caso de uso CU-05	41
Tabla 3. 7. Caso de uso CU-06	42
Tabla 3. 8. Caso de uso CU-07	42
Tabla 3. 9. Caso de uso CU-08	43
Tabla 3. 10. Caso de uso CU-09	43
Tabla 3. 11. Caso de uso CU-10	43
Tabla 3. 12. Caso de uso CU-11	44
Tabla 3. 13. Caso de uso CU-12	44
Tabla 3. 14. Caso de uso CU-13	44
Tabla 3. 15. Plantilla de requisitos del sistema	45
Tabla 3. 16. Requisito funcional RF-01	45
Tabla 3. 17. Requisito funcional RF-02	46
Tabla 3. 18. Requisito funcional RF-03	46
Tabla 3. 19. Requisito funcional RF-04	46
Tabla 3. 20. Requisito funcional RF-05	47
Tabla 3. 21. Requisito funcional RF-06	47
Tabla 3. 22. Requisito funcional RF-07	47
Tabla 3. 23. Requisito funcional RF-08	48

Tabla 3. 24. Requisito funcional RF-09.....	48
Tabla 3. 25. Requisito funcional RF-10.....	48
Tabla 3. 26. Requisito funcional RF-11.....	49
Tabla 3. 27. Requisito funcional RF-12.....	49
Tabla 3. 28. Requisito funcional RF-13.....	49
Tabla 3. 29. Requisito funcional RF-14.....	50
Tabla 3. 30. Requisito de rendimiento RR-01.....	50
Tabla 3. 31. Requisito de rendimiento RR-02.....	50
Tabla 3. 32. Requisito de interfaz RI-01	51
Tabla 3. 33. Requisito de usabilidad RU-01.....	51
Tabla 3. 34. Requisito de usabilidad RU-02.....	51
Tabla 3. 35. Requisito de comprobación RC-01	52
Tabla 3. 36. Requisito de comprobación RC-02	52
Tabla 3. 37. Requisito de comprobación RC-03	52
Tabla 3. 38. Requisito de comprobación RC-04	53
Tabla 3. 39. Requisito de comprobación RC-05	53
Tabla 3. 40. Requisito de comprobación RC-06	53
Tabla 3. 41. Matriz de trazabilidad.....	55
Tabla 5. 1. Correspondencia entre clases y métodos de la escena AR-Catalogue.....	70
Tabla 5. 2. Correspondencia entre clases y métodos de la escena Plane-Catalogue	83
Tabla 5. 3. Métodos de la clase <i>CameraScript</i>	83
Tabla 6. 1. Plantilla de pruebas unitarias	94
Tabla 6. 2. Prueba unitaria PU-01	95
Tabla 6. 3. Prueba unitaria PU-02	95
Tabla 6. 4. Prueba unitaria PU-03	96
Tabla 6. 5. Prueba unitaria PU-04	96

Tabla 6. 6. Prueba unitaria PU-05	97
Tabla 6. 7. Prueba unitaria PU-06	97
Tabla 6. 8. Prueba unitaria PU-07	98
Tabla 6. 9. Prueba unitaria PU-08	98
Tabla 6. 10. Prueba unitaria PU-09	99
Tabla 6. 11. Prueba unitaria PU-10	99
Tabla 6. 12. Prueba unitaria PU-11	100
Tabla 6. 13. Prueba unitaria PU-12	100
Tabla 6. 14. Prueba unitaria PU-13	101
Tabla 6. 15. Prueba unitaria PU-14	101
Tabla 6. 16. Prueba unitaria PU-15	102
Tabla 6. 17. Prueba unitaria PU-16	102
Tabla 6. 18. Evaluación final de la encuesta.....	112
Tabla 8. 1. Planificación temporal por fases	121
Tabla 8. 2. Desglose de costes de personal.....	124
Tabla 8. 3. Desglose de costes de hardware	125
Tabla 8. 4. Desglose de costes de software	125
Tabla 8. 5. Desglose de otros costes	126
Tabla 8. 6. Presupuesto final del proyecto.....	126

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha podido experimentar un gran crecimiento de nuevas tecnologías como la realidad virtual y aumentada gracias al auge de dispositivos electrónicos como tablets y smartphones. El potencial de ambas tecnologías es tan amplio que, hoy en día, existen aplicaciones en sectores tan diversos como la industria, el marketing, la educación e incluso la salud. Actualmente se han desarrollado aplicaciones de RA que permiten a los usuarios desde traducir textos a tiempo real, medir distancias con el móvil hasta cambiar la decoración de su hogar pasando por aplicaciones que permiten al usuario probarse diferentes peinados y maquillajes [1].

Sin embargo, a pesar de este crecimiento, la realidad aumentada es aún una tecnología pionera de la que se espera que se alcance su máximo desarrollo en los próximos años gracias a los avances de la tecnología (mejores procesadores, cámaras dobles capaces de captar más información, etc.).

Por todo esto se augura un buen futuro para la realidad aumentada que, tal y como ya se ha podido observar con su reciente desarrollo, traerá consigo numerosos beneficios tanto sociales como económicos [2]. En el año 2022, según la IDC (International Data Corporation), se prevé que las inversiones en RV y RA alcancen los 20.400 millones de dólares, lo que supondrá en la Europa Occidental de un crecimiento del 69,6% [3].

Además, gracias al avance de las nuevas tecnologías y al desarrollo de la realidad aumentada, el sector de la decoración y el interiorismo ocupa cada vez un lugar más importante entre los usuarios de internet. Las empresas de decoración han adaptado sus negocios integrándose en las nuevas tecnologías y en la venta online. Hoy en día, son más del 45% los usuarios que compran muebles a través de la red [4].

Este Trabajo de Fin de Grado, por tanto, se centra en la utilización de la realidad aumentada a través de dispositivos móviles como smartphones en la vida cotidiana, y más concretamente en el ámbito de la decoración.

A continuación, se detallan los objetivos perseguidos con la aplicación desarrollada, así como la motivación tanto personal como externa que llevaron a tomar la decisión de realizar este proyecto.

1.1. Objetivos

La finalidad que se persigue con la realización de este trabajo es la de desarrollar una aplicación que permita al usuario visualizar elementos virtuales en un entorno real

mediante técnicas de realidad aumentada. La aplicación ofrecerá al usuario dos posibilidades de visualización de los productos ofertados.

Por una parte el usuario podrá visualizar en 3 dimensiones los objetos mobiliarios en un espacio real (habitación, salón, etc.) a través de la pantalla de su dispositivo Android gracias a las técnicas de realidad aumentada. El software dispondrá de un catálogo con distintos productos mobiliarios (sillas, sofás, mesas, etc.) entre los cuales los clientes podrán elegir y, posteriormente, visualizarlos en 3 dimensiones, moverlos por el espacio y rotarlos, además de realizar capturas de pantalla de la escena y eliminar los objetos seleccionados. En esta opción, el usuario contará con la posibilidad de poder exportar los objetos que ha colocado en la habitación o salón a través de la cámara y así poder verlos en un plano vacío con las dimensiones indicadas, donde podrá también moverlos por el espacio y rotarlos.

Por otra parte, el usuario podrá elegir la opción de visualizar los objetos mobiliarios en un plano con las dimensiones del largo y el ancho deseadas para simular un espacio vacío. Al igual que en la opción anterior, el software dispondrá de un catálogo con una amplia gama de objetos que el cliente podrá colocar sobre el plano, así como moverlos y rotarlos, además de realizar capturas de pantalla de la escena y eliminar los objetos seleccionados. Adicionalmente, en esta opción, el usuario podrá escoger el color de las paredes y el tipo de suelo, así como la incorporación de puertas y ventanas de diferentes tamaños para simular el espacio deseado de la manera más completa posible. También en esta opción, el cliente podrá observar el plano desde la vista superior o sumergirse en el interior y moverse por el espacio para obtener mayor realismo.

Por todo lo comentado, este software permitirá a los clientes comprobar cómo quedarán los muebles en sus habitaciones y espacios antes de comprarlos. Esto evitará a los usuarios el tedioso trabajo de pasarse horas y horas dudando si el mueble que tanto les gusta combina con la habitación, si el color es el adecuado y si las dimensiones son las correctas.

1.2. Motivación

1.2.1. Motivación personal

Uno de los principales motivos de la elección de este proyecto ha sido la temática del mismo. En mis cuatro años cursando el Grado en Ingeniería Informática en la Universidad Carlos III de Madrid he visto multitud de asignaturas entre las que destacan aquellas orientadas a la inteligencia artificial puesto que he cursado la mención en Computación que ofrece la universidad. Sin embargo, nunca hemos visto nada similar a la realidad aumentada o virtual lo cual me hace ver este proyecto como un reto. Además de esto, la realidad aumentada es un término que se dio a conocer muy recientemente y que, a día de

hoy, se encuentra en constante desarrollo y está cada vez más presente en diferentes ámbitos como la educación, la publicidad, el entretenimiento y la industria lo que hace que me resulte un tema sumamente interesante.

Por estos motivos pensé en la gran utilidad de crear la aplicación 3Design que ayudase a los usuarios a visualizar en 3 dimensiones cómo quedarían los muebles en una habitación o espacio determinados. Además, los usuarios solo necesitarán disponer de un teléfono inteligente y de la aplicación 3Design.

1.2.2. Motivación externa

La finalidad de este Trabajo de Fin de Grado, como se ha comentado anteriormente, es la de cubrir la necesidad de que los usuarios puedan probar en 3D diferentes muebles en una estancia o habitación a través de la cámara de su teléfono móvil o directamente sobre un plano con las medidas deseadas mediante la aplicación 3Design.

Algunas de las motivaciones que han dado lugar a la creación de este proyecto y que se muestran detalladamente a continuación, han sido el aumento de los usuarios de dispositivos móviles y aplicaciones, así como el crecimiento de las consultas y compras online a través de smartphones sobre todo en ámbitos como la moda y los viajes.

En cuanto a los usuarios de dispositivos móviles, en 2018 se estimó que en España son el 94,6% los usuarios de smartphones consolidándose sobre todo entre los más jóvenes (entre 18 y 39 años). Actualmente, los españoles tienen de media 16 aplicaciones instaladas en sus dispositivos móviles siendo las más utilizadas WhatsApp, Facebook, Skype y gestores email [5]. También, gracias a las nuevas tendencias tecnológicas podemos contar con aplicaciones de realidad aumentada como Pokémon Go que se convirtió en un éxito en el año 2016 llegando a ser descargado por más de 500 millones de jugadores [6].

Las consultas online, también han aumentado con el auge del uso de los smartphones. Hoy en día, se conoce que el 69% de consumidores entre los 18 y los 39 años utilizan los dispositivos móviles para buscar e investigar los productos antes de comprarlos y el 90% toman las decisiones de compra a través de sus dispositivos móviles. El gasto por internet asciende a los 1.000 millones siendo el 92% los consumidores que, tras realizar una búsqueda de compra en sus dispositivos terminan realizando la compra relacionada [7].

Según las estadísticas y tal y como se puede observar en la Fig 1.1, el ocio, la moda y los viajes son los sectores que gozan de un mayor número de ventas online a través de los smartphones de los usuarios. Otros, como el hogar, se encuentra de los últimos de la lista, siendo tan solo el 15% de clientes los que deciden comprar menaje de hogar a través de sus teléfonos móviles [8].

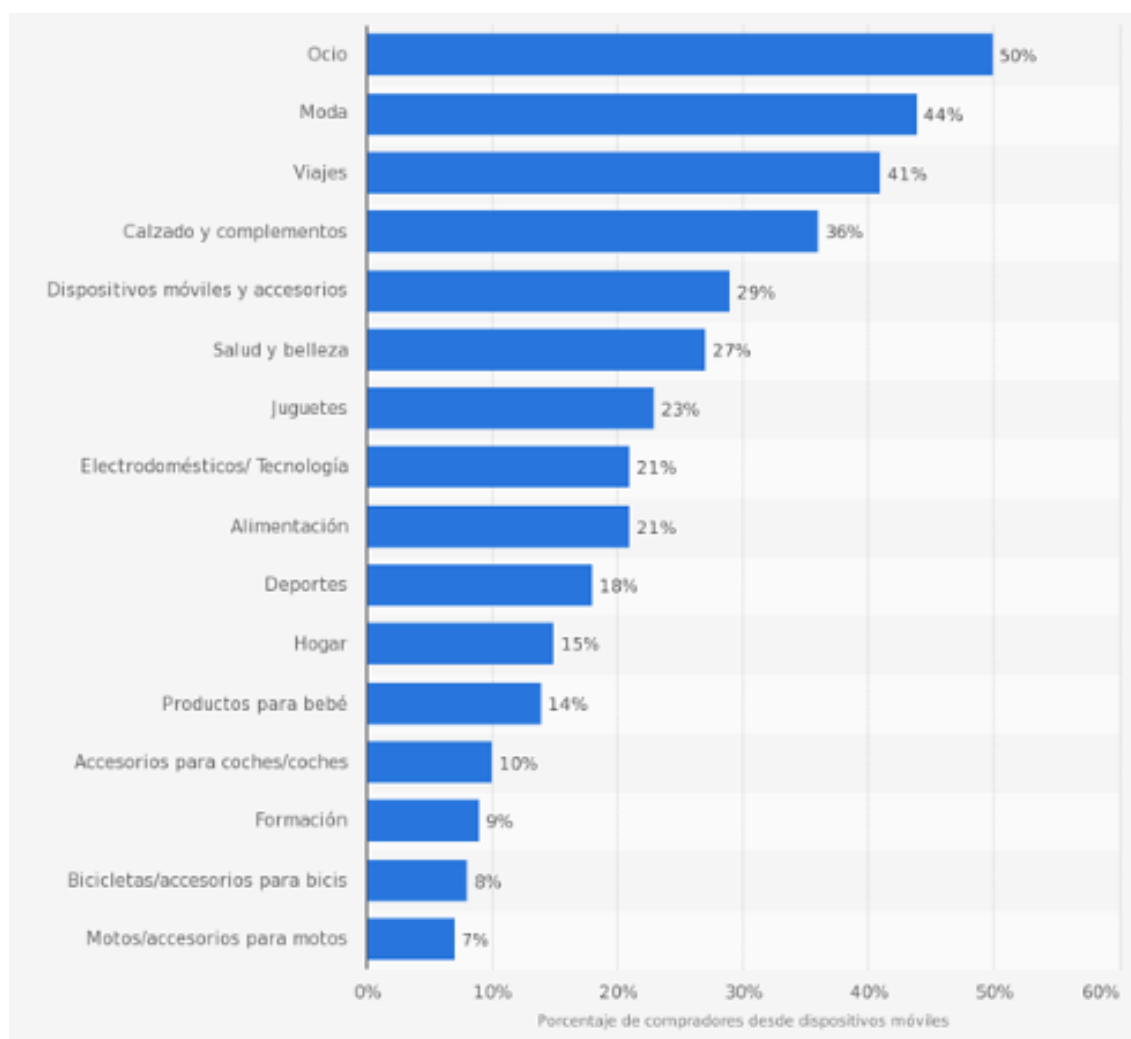


Fig 1. 1. Porcentaje de compradores desde dispositivos móviles [8]

El reducido porcentaje de las compras en el sector de hogar respecto a las otras se debe a que, a pesar de son ya el 45% los usuarios compran sus muebles a través de internet [4], son muchos todavía los que prefieren acudir a las tiendas de muebles físicas para comprobar las medidas y dimensiones del producto en cuestión. Además muchos de ellos se encuentran escépticos a realizar una compra de tal importancia a través de su smartphone. Por este motivo, la aplicación desarrollada en este Trabajo de Fin de Grado ayudaría a los usuarios a poder ver los muebles deseados directamente en sus estancias y, así, impulsar el aumento de las compras online en este sector.

Otra de las motivaciones que dieron lugar a la creación de la aplicación de RA presentada en este documento es la importancia que ha cobrado la realidad aumentada en muchos sectores en nuestro país, desde los videojuegos, hasta la educación, pasando por el sector médico e industrial. La RA existe desde hace décadas, sin embargo, su reciente auge viene

dado por la evolución de los smartphones que se han convertido en un elemento imprescindible y que son accesibles a la mayor parte de la población [9].

Adicionalmente, la realidad aumentada aún no ha alcanzado su madurez y su desarrollo en la actualidad sigue siendo bajo debido a que es una tecnología muy pionera todavía. Sin embargo, como se describe en [10], su proyección es muy amplia y se ha probado que se trata de una tecnología útil y fiable siendo una de las tecnologías con mayor potencial de desarrollo y evolución y que se ha convertido en un gran foco de inversión. Se estima que en los próximos años, la realidad aumentada creará miles de puestos de trabajo y recaudará cientos de millones de dólares en todo el mundo.

Todas estas razones me motivaron a elegir la decoración de espacios como tema principal para aplicar la realidad aumentada en este proyecto. Además, el sector del hogar no es uno de los más desarrollados en cuanto a aplicaciones de RA y, sin embargo, mucha gente podría verse beneficiada. Entre estos últimos se encontrarían principalmente los compradores en este sector, siendo estas personas de entre 25 y 60 años mayoritariamente.

De esta manera, con la aplicación 3Design estos usuarios podrán ver en 3D los muebles en los que estén interesados para comprobar si las medidas son las correctas. Tan solo necesitarán disponer de un teléfono inteligente con cámara y de la aplicación 3Design para poder disfrutar de esta experiencia de realidad aumentada, evitando así el tedioso trabajo de recorrer decenas de tiendas para el hogar en busca del mueble perfecto.

1.3. ¿Qué es 3Design?



Fig 1. 2. Logo de la aplicación 3Design

3Design es el nombre que se le ha dado la aplicación desarrollada en este trabajo. Como se ha comentado anteriormente, se trata de un software que permitirá a los usuarios ver los muebles disponibles en 3 dimensiones para probar como quedarán en sus respectivas habitaciones, salones, etc. lo cual es posible gracias a la realidad aumentada, así como probar estos mismo productos también en 3 dimensiones pero sobre un plano. Los clientes necesitarán disponer únicamente de un dispositivo Android donde puedan descargar la aplicación y, seguidamente, hacer un uso de ella en cualquier espacio. El logo (mostrado

en la Fig 1.2) se ha creado con la página web FreeLogoDesign [11] que permite el diseño y descarga de logos personales de forma fácil y gratuita.

1.4. Fases de desarrollo

En este apartado se van a comentar las fases que se han seguido para la realización y el completo desarrollo del Trabajo de Fin de Grado.

1.4.1. Planificación

La planificación es la primera fase en el desarrollo de un proyecto y es aquella en la que se recoge y entiende toda la información relativa al entorno de desarrollo, softwares y librerías que se van a utilizar, así como el cálculo de los recursos y tiempo que se estiman necesarios para la creación, en este caso, de la realidad aumentada. Esta fase se compone de los siguientes hitos, que se explicarán en detalle más adelante en este documento:

- Estado del arte de los sistemas móviles.
- Estado del arte de la realidad aumentada.
- Estudio de la realidad aumentada en los dispositivos móviles.
- Propuestas de realidad aumentada en el ámbito de la decoración de espacios en la actualidad.
- Análisis y evaluación de los recursos necesarios. Valoración y elección de las plataformas y librerías que se van a utilizar para la creación y configuración de la RA, así como para el desarrollo de la aplicación.

1.4.2. Desarrollo

La fase de desarrollo consiste principalmente en la creación y el diseño de la aplicación. Esta fase se realiza de forma intercalada junto con la tercera fase de documentación, ya que se han ido documentando los avances realizados en el software, así como cada una de las decisiones tomadas. Los hitos de los que se compone esta fase y que se explicarán en detalle más adelante en este documento son los siguientes:

- Instalación de herramientas y kit de desarrollo utilizados.

- Diseño de la arquitectura general de la aplicación.
- Diseño de la interfaz de usuario de la aplicación.
- Implementación y programación de las funcionalidades.
- Pruebas y corrección de errores.

1.4.3. Documentación

Esta fase consiste en la redacción de la memoria del presente Trabajo de Fin de Grado que se ha intercalado con la fase de desarrollo anteriormente comentada. Esta fase se puede dividir en dos hitos que son los siguientes:

- Redacción de la memoria del Trabajo de Fin de Grado.
- Preparación de la presentación ante el tribunal.

1.5. Medios utilizados

En este apartado se van a comentar los medios tales como documentación, recursos software y hardware que se han utilizado en la realización de este proyecto.

1.5.1. Documentación

La documentación que se ha utilizado para el aprendizaje y entendimiento del funcionamiento de las librerías y plataformas utilizadas han sido:

- Documentación del SDK de Wikitude disponible en internet y que está diseñada para ayudar al usuario desde sus primeros pasos con este kit de realidad aumentada hasta conceptos más avanzados. Este documento explica cómo usar el SDK con distintas plataformas y sistemas operativos móviles. Para este proyecto, se ha utilizado concretamente la documentación para programar con Unity.
- Documentación de la plataforma de desarrollo Unity de la versión 2018.3.0 disponible en internet y que ha sido fundamental para poder trabajar y diseñar la aplicación con este software.

1.5.2. Recursos software

Las plataformas o softwares que se han utilizado para la realización del trabajo son:

- SDK de Wikitude para Unity versión 8.5.0.
- Unity 2018.3.0.
- Microsoft Office 2016.
- Draw.io.
- TeamGantt.
- MonoDevelop para programar en C#.

1.5.3. Recursos hardware

Los recursos hardware utilizados son:

- Ordenador portátil HP Notebook.
- HP Wireless Mouse.
- Smartphone Huawei P10 (Android 8.0).
- Smartphone Huawei P20 (Android 9.0).

1.6. Estructura de la memoria

En este apartado se detallan los diferentes capítulos en los que se divide la memoria del presente Trabajo de Fin de Grado.

- **Capítulo 1 – Introducción:** en este capítulo se realiza una introducción acerca de la realidad aumentada, así como los objetivos y motivaciones que dieron lugar a la realización de este proyecto.
- **Capítulo 2 – Estado del arte:** en este capítulo se analiza la evolución y los avances en la actualidad tanto de los dispositivos y sistemas operativos móviles como de la realidad aumentada, así como diferentes aplicaciones de RA existentes. También en este capítulo se hace un estudio exhaustivo acerca de las

características de las diferentes herramientas de RA y de aplicaciones Android existentes en el mercado.

- **Capítulo 3 – Análisis:** en este capítulo se identifican los casos de uso y los requisitos de software del sistema que detallan y satisfacen las funcionalidades ofrecidas por la aplicación 3Design desarrollada en este proyecto.
- **Capítulo 4 – Diseño de la aplicación:** en este capítulo se explican las decisiones técnicas, de arquitectura y de diseño del sistema, así como recursos utilizados y diagramas de flujo explicativos.
- **Capítulo 5 – Implementación de la aplicación:** en este capítulo se describen las decisiones de implementación tomadas durante la creación de la aplicación 3Design presentada en este Trabajo de Fin de Grado. Se muestran, además, los diferentes módulos o pantallas que aparecen durante la ejecución de la aplicación, así como las clases y métodos involucrados
- **Capítulo 6 – Pruebas y evaluación:** en este capítulo se describen tanto las pruebas unitarias que comprueban el correcto funcionamiento de la aplicación como la evaluación que se ha realizado a una serie de encuestados para conocer el impacto y potencial del proyecto.
- **Capítulo 7 – Conclusiones y trabajo futuro:** en este capítulo se redactan las conclusiones obtenidas con la realización del proyecto, así como los posibles trabajos futuros para la mejora de la aplicación presentada.
- **Capítulo 8 – Gestión del proyecto:** en este capítulo se detallan los aspectos relevantes en cuanto a la gestión del proyecto, incluyendo las leyes que lo afectan, el entorno socio - económico, así como la planificación y costes generados.
- **Anexo:** es el apartado que contiene aquella información adicional que es relevante para el entendimiento del proyecto, así como un breve resumen de la memoria en inglés
- **Bibliografía:** es el último apartado de la memoria y es en el que se muestran todos los artículos, enciclopedias y documentación utilizadas tanto para el correcto desarrollo de la aplicación como para la redacción de la memoria.

CAPÍTULO 2 - ESTADO DEL ARTE

En este capítulo se desarrolla el estado y los avances de la tecnología en la actualidad en torno a dos puntos principales que son fundamentales para la comprensión de este proyecto y que son el estado del arte en los dispositivos móviles y sistemas operativos y el estado del arte en la tecnología de la realidad aumentada (definiciones, RA en la actualidad, aplicaciones, RA en la decoración, etc.). También se detallan las diferentes plataformas de desarrollo tanto de RA como de Android existentes en el mercado actual y que se han analizado para la realización del presente trabajo.

2.1. Estado del arte en los dispositivos móviles

Los grandes avances tecnológicos realizados en los últimos años han dado lugar a la aparición de nuevos y potentes dispositivos móviles desde teléfonos inteligentes o smartphones, hasta tablets, pasando por miniportátiles, e-books y smartwatches. Los avances en el diseño y en la fabricación de los chips y las placas, así como la reducción de los precios han provocado la creación de todos estos dispositivos que acercan la informática y la tecnología a muchas más personas y que, en la actualidad, ocupan un lugar fundamental en nuestras vidas tanto social como económicamente. Junto a todo esto, cabe destacar también la incorporación a estos dispositivos de multitud de sensores como acelerómetros, brújula, sensor de huellas dactilares, sensor de proximidad, GPS, giroscopio, sensor de luz ambiental, sensor de ritmo cardíaco, infrarrojos, etc. [12].

Desde 2018, tal y como se observa en la Fig 2.1, el número de usuarios de móviles en el mundo supera los 5 mil millones, lo que significa que casi el 70% de la población mundial cuenta con un móvil. El acceso a internet, un poco por debajo, llega hasta los 4 mil millones [13].



Fig 2. 1. Cuota de usuarios de móvil e internet [13]

La Fig 2.2 muestra gráficamente el número de páginas vistas a través de dispositivos móviles en 2018, el cual ha aumentado un 4%, mientras que el número de páginas vistas desde una tablet han disminuido un 13%. Las categorías a las que más tiempo dedicamos son las redes sociales y la mensajería instantánea seguidas de las compras y las noticias e

información. En España el móvil es el dispositivo más utilizado, usado por el 94,6% de los españoles y dejando en un segundo plano al resto de dispositivos como ordenadores y tablets [14].

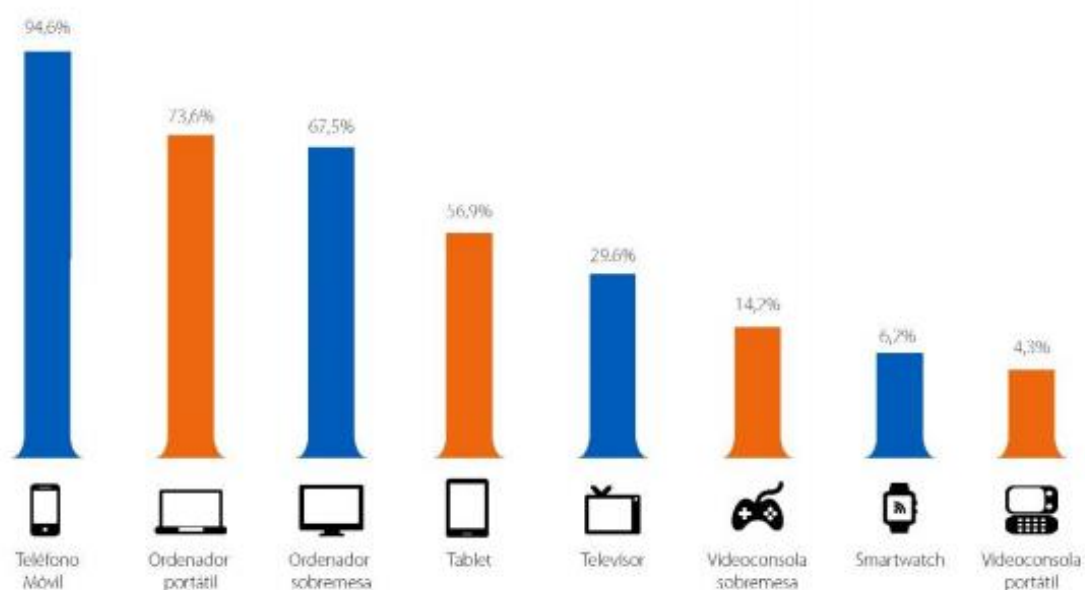


Fig 2. 2. Diagrama del porcentaje de utilización de los dispositivos móviles [14]

2.2. Estado del arte en los sistemas operativos móviles

Un sistema operativo móvil es un conjunto de programas de bajo nivel que controlan los procesos básicos de un teléfono móvil y permiten el funcionamiento, así como los diferentes servicios a las aplicaciones móviles que se ejecutan sobre él.

Los sistemas operativos móviles son mucho más simples que los sistemas operativos para PC y están orientados a conectarse de manera inalámbrica, introducir información en ellos y proveer diferentes formatos multimedia. Algunos de los sistemas operativos móviles son Android, iOS, Windows Phone y BlackBerry OS entre otros, aunque los más conocidos son los dos primeros [15].

La Fig 2.3 muestra de manera muy clara la evolución en el uso de los sistemas operativos móviles desde el año 2009 hasta el año 2016.

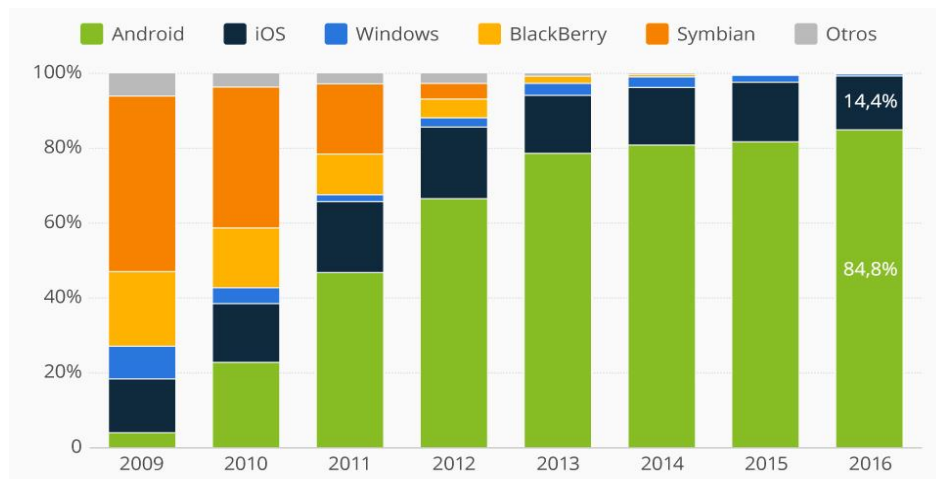


Fig 2. 3. Diagrama de evolución del uso de los sistemas operativos de 2009 a 2016 [16]

En el año 2000 surge Symbian [17] como producto de varias empresas de telefonía móvil como Nokia, Sony Ericsson, Samsung, Siemens, Lenovo, etc. con el objetivo de competir contra otros sistemas operativos como Palm o Windows Phone de Microsoft. Sin embargo, en 2007 llega el iPhone y, un año más tarde, en 2008, el primer dispositivo Android. Symbian no supo adaptar su software adecuadamente a las nuevas tecnologías quedando fuera del plano de los sistemas operativos móviles y dejando como máximas potencias en la actualidad a los sistemas operativos iOS y Android como se puede ver en el gráfico anterior.

Según datos recogidos en 2018 [18], en los sistemas operativos móviles es Android quién ocupa la primera posición siendo el favorito para la mayoría de los usuarios en la actualidad. Muy por debajo y con una clara diferencia se encuentra Apple con su sistema operativo iOS que acapara un bajo porcentaje del mercado. Esto se puede ver en la Fig 2.4, donde iOS y Android acaparan la mayor parte del mercado siendo el segundo el claro elegido por los usuarios.

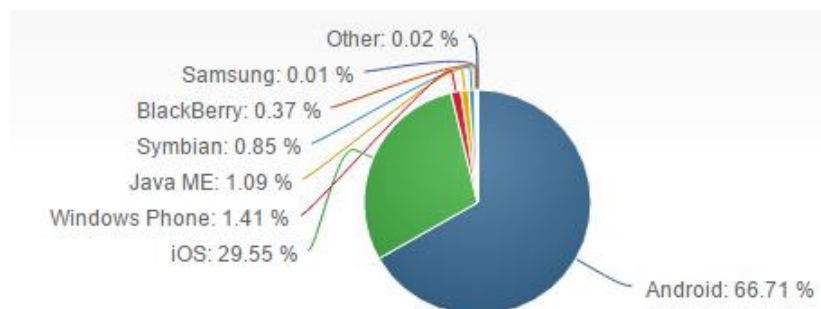


Fig 2. 4. Cuota de mercado de los sistemas operativos en 2018 [18]

En cuanto a los diferentes países y tal y como se puede ver en la Fig 2.5, iOS domina los mercados de habla inglesa, Japón y algunos países del norte de Europa mientras que el resto de territorio prefiere Android. En Estados Unidos iOS es el claro ganador siendo el iPhone el modelo más vendido en 2018 (9 de cada 10) [19].

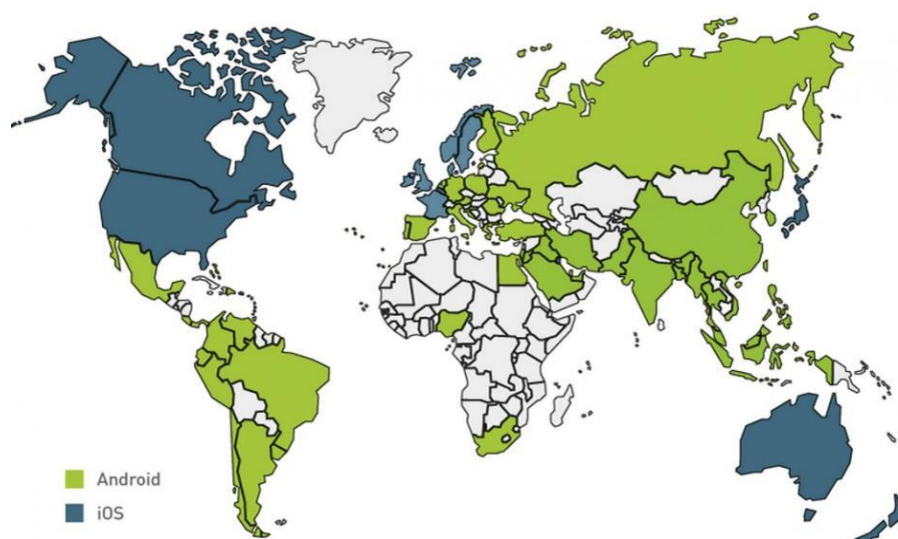


Fig 2. 5. Mapa mundial de ventas de iOS y Android [19]

La Fig 2.6 muestra que en España, en junio de 2018, el 80,08% de los teléfonos inteligentes vendidos son Android, dejando muy por debajo al sistema operativo iOS que acapara solamente el 19,32% del mercado.



Fig 2. 6. Porcentajes de ventas por sistema operativo en junio de 2018 [19]

Así mismo, la Fig 2.7 muestra que en abril de 2019 en nuestro país, Android vende el 74,85% de los smartphones e iOS tan solo el 22,94%. A pesar de ello, Apple se ha abierto hueco entre los usuarios de Android creciendo un 3,62% en los últimos meses en nuestro país.



Fig 2. 7. Porcentajes de ventas por sistema operativo en abril de 2019 [20]

2.2.1. Android



Fig 2. 8. Logo del sistema operativo Android [21]

Android [22] es un sistema operativo orientado a dispositivos móviles creado por Android Inc., compañía adquirida por Google en 2005. La primera versión de este sistema operativo se anuncia el 5 de noviembre de 2007: Android 1.0 Apple Pie, en la Open Handset Alliance (consorcio de compañías de hardware, software y telecomunicaciones). No es hasta 2008 cuando salen a la venta los primeros dispositivos Android.

Este sistema operativo está basado en Linux, un programa libre basado en Unix, y otros softwares de código abierto cuyo diseño está orientado a dispositivos móviles con pantalla táctil como teléfonos inteligentes o smartphones, tablets, smartwatches, etc.

Actualmente se pueden encontrar más de un millón de aplicaciones que utilizan, para su funcionamiento, el sistema operativo Android. Este sistema operativo móvil es capaz de adaptarse a diferentes resoluciones de pantalla y permite el envío de mensajes, así como de conexiones Wifi, Bluetooth, etc. Además, cuenta con navegador web y está perfectamente habilitado para trabajar con archivos MP3, GIF, PNG y otros formatos multimedia [23].

Las distintas versiones de Android se designan con nombres de postres en orden alfabético para reconocer cuáles de ellas son las más recientes, siendo la primera versión, 1.0, conocida como Apple Pie y la última, 9.0 lanzada al mercado el 6 de agosto de 2018, como Pie.

Este ha sido el sistema operativo elegido para el desarrollo de la aplicación 3Design sobre la que se basa este proyecto.

2.2.2. iOS



Fig 2. 9. Logo del sistema operativo iOS [24]

iOS [25] es un sistema operativo orientado a dispositivos móviles creado por la multinacional Apple Inc. que fue originalmente desarrollado para los productos de esta marca como iPhone, iPad, iPod Touch y Apple TV.

La existencia del iPhone OS fue revelada el 9 de enero de 2007 por el fundador de Apple, Steve Jobs, aunque este sistema operativo no tubo nombre oficial hasta el lanzamiento de su primera versión iPhone SDK.

La compañía Apple lanzó este sistema operativo con el fin de revolucionar el mercado de los sistemas móviles. Este sistema operativo está diseñado para sacar el máximo provecho al hardware y al diseño que coloca en sus dispositivos y que siempre se ha diferenciado notoriamente de los demás [26]. iOS ha ido evolucionando considerablemente desde sus inicios, sin embargo, ha tenido que lidiar siempre con un gran competidor: Android, que tiene la cuota más alta de mercado en la actualidad.

Al igual que Android, iOS ha ido lanzando diferentes versiones de su sistema operativo, siendo la última iOS 12 que salió al mercado en junio de 2018 sustituyendo a iOS 11.

2.3. Estado del arte de la realidad aumentada

En este apartado se va a definir, en primer lugar, qué es la realidad aumentada y a qué se refiere este concepto, así como las diferencias entre realidad aumentada y virtual que aún pueden ser confusas en la actualidad. Posteriormente, se va a dar a conocer el estado del arte y la evolución de la realidad aumentada, así como sus aplicaciones en la actualidad.

2.3.1. ¿Qué es la realidad aumentada?

El término en inglés para este concepto es Augmented Reality (AR). El término de realidad aumentada [27] nació en 1992 gracias al científico e investigador Thomas P.Caudell que, en ese momento, se encontraba desarrollando uno de los aviones más famosos del mundo: el Boeing 747. Caudell fue contratado para encontrar una alternativa

a los complejos tableros de configuración de cables que utilizaban los trabajadores. La idea de Caudell no triunfó, pero fue en ese momento cuando surgió el concepto de realidad aumentada (al que se referirá como RA en todo el documento).

A partir de ese momento se han escrito numerosas definiciones para esta tecnología. Una de ellas es la que propuso Ronald Azuma en 1997 [28] que afirma que la realidad aumentada:

- Combina elementos reales y virtuales.
- Es interactiva en tiempo real.
- Está registrada en 3D.

Paul Milgram y Fumio Kishino en 1994 [28] definen el concepto de continuo de la virtualidad (Milgram-Virtuality Continuum en inglés). Este concepto afirma que existe un escala continua que abarca desde el entorno completamente real al entorno virtual puro. En esta escala se encuentra la realidad aumentada (que está más cerca del entorno real) y la virtualidad aumentada (que está más cerca del entorno virtual).

La RA, por tanto, se puede definir como la superposición de información virtual o digital sobre un entorno real y en tiempo real, por medio del reconocimiento de patrones realizado por medio de un software [29].



Fig 2. 10. Ejemplo de realidad aumentada [30]

Un sistema de RA debe contener los siguientes elementos para conseguir la correcta superposición de los elementos digitales sobre el mundo físico [31]:

- **Cámara:** es el dispositivo que capta la imagen del mundo real y transmite esta información al procesador del sistema de RA para sobreponer el mundo virtual al real. Puede ser la webcam del ordenador o la cámara del smartphone o tablet.
- **Procesador:** es el elemento que integra la información del mundo real que le llega a través de la cámara con la información virtual que debe sobreponer sobre el mundo físico.
- **Marcador:** es el elemento encargado de reproducir las imágenes creadas por el procesador. A través de la pantalla del dispositivo se podrá ver el modelo 3D que ofrece la realidad aumentada.
- **Software:** es el programa informático específico que lleva a cabo todo el proceso de la realidad aumentada.
- **Activador:** es el elemento que reconoce el entorno físico y selecciona la información virtual que se va a añadir sobre él. Puede ser una imagen, un código QR, un GPS o realidad aumentada incorporada en gafas.

A menudo se suelen confundir los términos realidad aumentada, realidad virtual y realidad mixta. En la **realidad virtual** (RV), a diferencia de la RA, el usuario se sumerge por completo en un mundo virtual, es decir, es un entorno de escenas u objetos de apariencia real pero que en realidad han sido generados mediante algún software informático [32].



Fig 2. 11. Ejemplo de realidad virtual [33]

La **realidad mixta** (RM) es la combinación de realidad aumentada y realidad virtual que permite al usuario interactuar con objetos reales dentro de un mundo virtual. Para que el usuario disfrute de una experiencia de realidad virtual o mixta es necesario que disponga de un dispositivo conocido como gafas o casco de realidad virtual. Además, existen otros

elementos como guantes o trajes especiales que posibilitan una mayor interacción con el entorno [34]. Para disfrutar de la RA, por el contrario, basta con disponer de un dispositivo móvil o tablet.



Fig 2. 12. Ejemplo de realidad mixta [35]

La RA surge por primera vez en los años 70 como una tecnología orientada a la visualización del entorno real con la incorporación de elementos generados por ordenador. El término realidad aumentada, como se ha comentado anteriormente, nació en 1992 gracias al investigador Tom Caudell, y es a partir de ese momento cuando se comenzaron a desarrollar diferentes aplicaciones y plataformas de realidad aumentada [36].

La RA se ha comenzado a desarrollar en mayor medida en la última década gracias a la popularización de los smartphones como el iPhone de Apple y los modelos Android que incluyen cámara, GPS y numerosas aplicaciones. Una de estas aplicaciones de RA es Layar [37], una aplicación gratuita para smartphones. Este software superpone capas de RA sobre una imagen tomada por la cámara del dispositivo permitiendo, así, la visualización de la información virtual en tiempo real.

El auge de la realidad aumentada en los últimos años se puede dividir en tres etapas diferenciadas que se muestran a continuación.

2.3.2. Realidad aumentada en ordenadores

Gracias al mundo de los videojuegos y a los avances en las características, elementos y capacidades computacionales de los ordenadores, es entre los años 2006 y 2008 cuando se comenzaron a construir experiencias de realidad aumentada de gran calidad en estos dispositivos [38].

Aparecieron en el mercado las primeras herramientas de programación de RA de alto nivel como Metaio SDK [39] fundada en 2003 en Múnich y creció considerablemente el número de empresas especializadas en este campo.

2.3.3. Realidad aumentada en smartphones

Aparece años más tarde con la revolución social y tecnológica, así como la popularización de los smartphones. Estos teléfonos inteligentes, junto con las tablets, permiten a los usuarios disfrutar de multitud de experiencias de realidad aumentada en tiempo real.

Aparecieron las primeras aplicaciones vinculadas a catálogos, revistas e incluso al sector turístico gracias a la incorporación de los sensores de orientación y GPS a los dispositivos móviles que permiten conocer en todo momento la orientación y localización del usuario [40].

Para el presente Trabajo de Fin de Grado, se va a utilizar la realidad aumentada orientada a smartphones por lo que, a continuación, se presentan algunos ejemplos de aplicaciones de RA que existen en la actualidad:

- **Pokémon Go:** es un famoso videojuego de realidad aumentada diseñado para dispositivos móviles en los que, a través del GPS, se rastrea la ubicación del usuario para mover su avatar en el juego. Mediante la cámara del dispositivo se muestran los pokémons en el mundo real a los que el usuario podrá capturar y luchar contra ellos. Este juego implica desplazarse físicamente por las calles de una ciudad para progresar viendo en tiempo real en la pantalla del dispositivo los pokémons que se encuentran en la zona [41]. Disponible para iOS y Android.



Fig 2. 13. Juego Pokémon Go [42]

- **Snapchat:** es una aplicación de mensajería para teléfonos inteligentes que cuenta con soporte multimedia de imagen, video y filtros de realidad aumentada [43]. A través de la cámara interna del teléfono el usuario puede aplicar numerosos filtros y efectos especiales, por ejemplo, de Navidad, Halloween, Carnaval, etc. El software de la aplicación es capaz de reconocer los rasgos faciales del usuario y aplicar los divertidos filtros como por ejemplo, el filtro del perro que añade a la cara reconocida por la cámara unas orejas y un hocico de perro (ver Fig 2.14). Este filtro también detecta cuando el usuario saca la lengua añadiendo a la imagen la lengua de un perro. Como este existen multitud de filtros desde animales, hasta otros que superponen sobre la imagen real del usuario pelucas, maquillaje, sombreros, etc. Snapchat ha añadido una nueva funcionalidad recientemente que son los Snappables, juegos de realidad aumentada basados en las expresiones faciales. Disponible para iOS y Android.

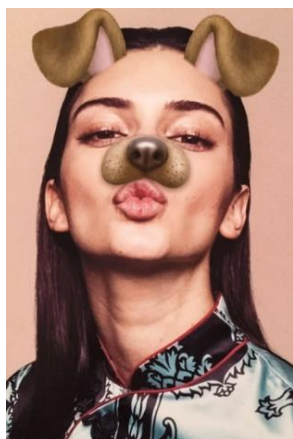


Fig 2. 14. Filtro de perro de Snapchat [44]



Fig 2. 15. Filtros varios de Snapchat [45]

- **Ink Hunter:** se trata de una aplicación de realidad aumentada que permite simular cómo quedaría un tatuaje en nuestro cuerpo. El usuario debe elegir uno de los tatuajes de la lista o crear su propio diseño y apuntar con la cámara del dispositivo

la zona del cuerpo que quiera tatuar para hacerse una idea de cómo quedaría este tatuaje en el brazo, pierna, etc. [46]. Disponible para iOS y Android.

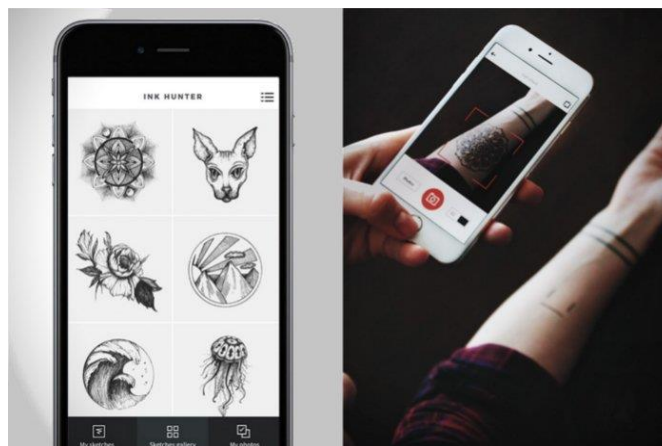


Fig 2. 16. Ejemplo de tatuajes y uso de la aplicación Ink Hunter [47]

- **Measure:** es una aplicación que permite medir magnitudes a nuestro alrededor. Identifica los elementos de la escena a los que apunta la cámara del dispositivo. El usuario debe seleccionar 2 puntos y la aplicación proporcionará la distancia entre dichos puntos en unidades métricas. Esta aplicación permite al usuario hacer capturas con las medidas para recuperarlas cuando lo desee [48]. Disponible solo para Android.



Fig 2. 17. Aplicación Measure [48]

- **Realidad aumentada de Google:** Google ha anunciado en la Google I/O 2019, conferencia celebrada entre el 7 y 9 de mayo de este año en Mountain View (California), las novedades que ha añadido al buscador y que proporcionan al usuario una experiencia mejorada de realidad aumentada [49]. Con esta novedad Google añade modelos en 3 dimensiones con los que el usuario podrá interactuar en tiempo real y sobre un espacio real a través de la cámara gracias a la realidad

aumentada. Aún no se conocen cuántos términos podrán ser visualizados en 3D por el buscador de Google, pero sí se conocen algunos ejemplos que fueron presentados en dicha conferencia. Entre estas búsquedas disponibles en 3D se encuentran un tiburón blanco, un esqueleto con un músculo y unas zapatillas deportivas de la marca New Balance [50].



Fig 2. 18. Ejemplo de realidad aumentada de Google [51]

2.3.4. Realidad aumentada en gafas y visores



Fig 2. 19. Google Glass [52]

Con el lanzamiento de las gafas de realidad aumentada de Google estamos viviendo una nueva revolución de la RA basada en estos dispositivos que ya cuentan con numerosas aplicaciones que ofrecen una experiencia visual mejorada. Las Google Glass son unas gafas de realidad aumentada desarrolladas por Google y presentadas en 2012. El propósito de estas gafas es mostrar información a los usuarios de smartphones sin necesidad de utilizar las manos y permitiendo, a su vez, el acceso a internet mediante órdenes de voz [52].

Algunas de las aplicaciones de las Google Glass son las siguientes [53]:

- **Ayuda a gente con problemas de audición:** una aplicación que reconoce el habla y la convierte a subtítulos en tiempo real. Esta aplicación ha sido creada por estudiantes de la Universidad de Georgia Tech. Estos estudiantes están también trabajando en una aplicación similar que pueda traducir idiomas en tiempo real.
- **Apagar incendios:** Google Glass permite a los bomberos tener acceso en tiempo real a los planos e imágenes aéreas de un edificio en llamas antes de acceder al mismo. La compañía Mutualink está probando una aplicación que permita a los médicos ver, gracias a las Google Glass, los registros de los pacientes mientras llegan a la escena de un accidente.
- **GuidiGo:** es una aplicación de realidad aumentada en la que el usuario puede ver, a través de las Google Glass, videos explicativos, así como audios relacionados con las obras de arte en un museo en tiempo real.
- **Star Chart:** es una aplicación que muestra al usuario, a través de las gafas de RA, el mapa de las constelaciones, estrellas y planetas en tiempo real. Esta aplicación utiliza sensores como el GPS, la brújula y el acelerómetro.

Otro de estos dispositivos inteligentes existentes en el mercado son las HoloLens de Microsoft, unas gafas inteligentes que, a su vez, son un ordenador inalámbrico autónomo Windows 10 y que fueron presentadas en 2015. Estas gafas cuentan con los mayores avances en diseño de hardware, inteligencia artificial y desarrollo de realidad mixta. Cuenta con sensores avanzados, pantalla óptica de alta definición y sonido espacial para permitir al usuario vivir experiencias de RA a través de la mirada, la voz, los gestos, etc. [54].



Fig 2. 20. Uso de las HoloLens por un técnico de ascensores [55]

2.4. Estado del arte de la realidad aumentada en la decoración

La realidad aumentada está sufriendo un gran auge en la actualidad siendo desarrollada para su aplicación en números ámbitos como son la educación, la industria, el turismo, la publicidad y el entretenimiento.

En el presente Trabajo de Fin de Grado se estudia la realidad aumentada en el terreno de la decoración de espacios. Por este motivo se van a mostrar en este apartado las aplicaciones actuales más relevantes que proporcionan al usuario una experiencia de realidad aumentada orientada a la decoración. Así mismo, estas aplicaciones gozan, hoy en día, de una gran popularidad debido a que los clientes las encuentran bastante útiles por la comodidad y realismo que ofrecen haciendo que sea cada vez más elevado el número de usuarios que se animan a probarlas.

2.4.1. Pair 3D

Pair 3D se trata de una aplicación de RA que permite a los usuarios visualizar los muebles en un espacio captado por la cámara del dispositivo para que puedan ver como quedarían. Esta aplicación ofrece una experiencia interactiva donde el usuario puede, además, moverse mientras prueba estos muebles en un espacio para ver como quedarían en los distintos puntos de la estancia, así como soltarlos y moverlos por la habitación. Esta aplicación cuenta con más de 200 modelos de muebles añadiendo nuevos productos cada día [56]. Disponible solo para iOS.



Fig 2. 21. Aplicación Pair 3D [56]

2.4.2. Istaging

Istaging es una aplicación de RA orientada a la decoración considerada por los usuarios una de las mejores del mercado actualmente por la calidad de sus detalles. Los usuarios pueden buscar el mueble que quieren visualizar y tomar fotos de la visualización en 3D

para conservarla en su galería. Además permite ver los muebles en escala a tiempo real, haciéndolos más grandes o más pequeños según se desee (el modelo no tiene correspondencia con las medidas reales a priori). Ofrece, también, la posibilidad de mover estos muebles por el espacio, así como rotarlos. Detecta las paredes y los techos para la mejor colocación de los objetos, como secadores de pared o lámparas. La aplicación posiciona los modelos en el suelo, pared o techo haciendo uso de los acelerómetros del dispositivo móvil. Cuenta con un catálogo de más de 10.000 objetos de decoración y permite a los usuarios sumergirse por completo en la experiencia RA a través de las gafas de realidad aumentada [57]. Disponible para iOS y Android.

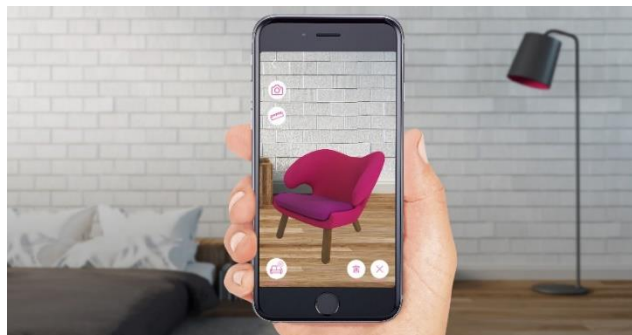


Fig 2. 22. Aplicación Istaging [57]

2.4.3. IKEA Place

IKEA Place es una aplicación de realidad aumentada creada por la famosa empresa sueca de muebles IKEA. Está basada en el software AR Kit de Apple y está disponible solo en dispositivos iOS 11 o superiores. Esta aplicación permite al usuario probar sus exitosos muebles en el espacio que deseen. IKEA Place coloca el modelo elegido en el espacio con las medidas reales sin opción de modificarlas. Esto ofrece al usuario la impresión precisa de tamaño y diseño del mueble elegido [58].

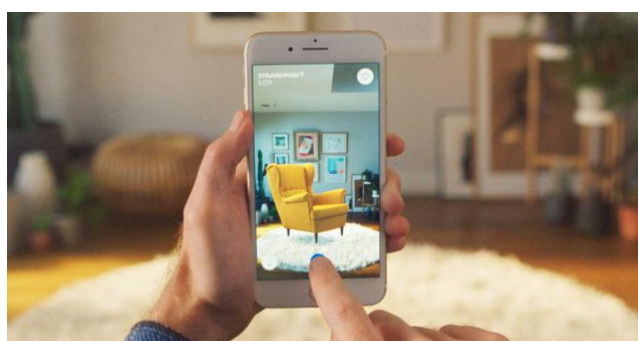


Fig 2. 23. Aplicación IKEA Place [58]

2.4.4. Decorator

Decorator es una aplicación de realidad aumentada para el diseño de interiores donde el usuario sube una foto del espacio que desea decorar y puede recibir consejos, así como compartir ideas de diseño con otros. Esta aplicación, además de colocar modelos sobre la estancia para ver cómo quedarían, permite pintar las paredes, probar nuevos colores en los modelos y añadir comentarios en las fotos de otros usuarios. La aplicación cuenta con más de 2.000 productos que se pueden comprar directamente desde la aplicación [59]. Disponible solo para iOS.

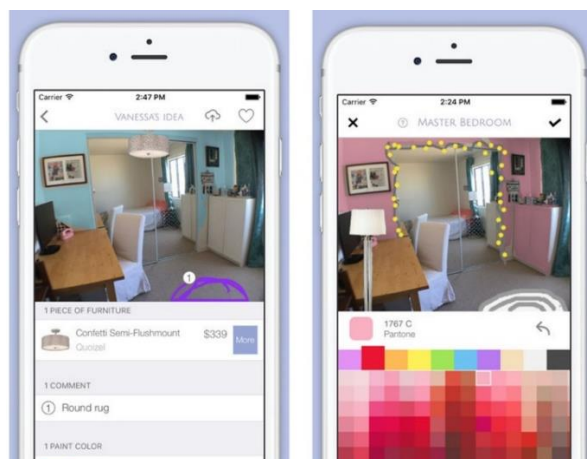


Fig 2. 24. Aplicación Decorator [59]

2.4.5. Roomle

Roomle es una aplicación de realidad aumentada que permite a los usuarios diseñar interiores y localizar o distribuir los muebles o modelos en el espacio indicado. Los modelos de los que dispone la aplicación van desde puertas y muebles varios, hasta paredes, suelos y pisos completos. Permite crear el mapa de una habitación completa para visualizarlo en 3D, guardarlo y compartirlo con otros usuarios. A través de esta aplicación, el usuario también puede visualizar los productos en un espacio real captado a través de la cámara del dispositivo gracias a las técnicas de realidad aumentada [60].

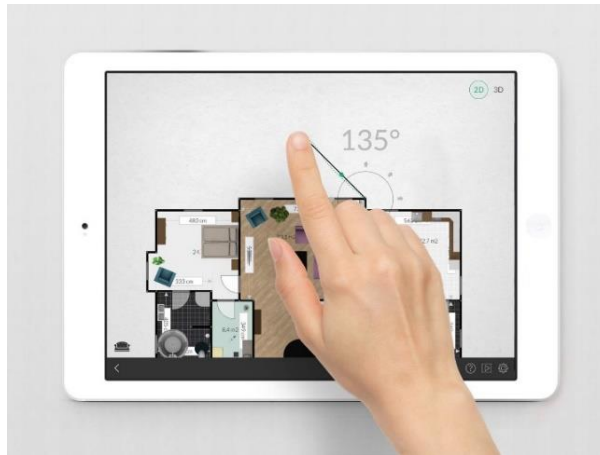


Fig 2. 25. Aplicación Roomle [60]

A continuación, la Tabla 2.1 muestra una comparación entre las aplicaciones orientadas a la decoración comentadas en este apartado y la aplicación 3Design desarrollada en el presente Trabajo de Fin de Grado.

App	Ver en RA	Ver en plano 3D	Exportar muebles	Interactuar con muebles	Varios muebles a la vez	Dimensiones reales
Pair 3D	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Istaging	Sí	No	No	Sí	No	No
IKEA Place	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Decorator	Sí (imagen)	No	No	Sí	Sí	No
Roomle	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
3Design	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

Tabla 2. 1. Tabla comparativa de aplicaciones

En cuanto a cada una de las funcionalidades mostradas en la Tabla 2.1, la primera se refiere a si el usuario puede visualizar los muebles en un espacio real mostrado a través de la cámara, bien en tiempo real o bien en una imagen como es el caso de Decorator. La segunda funcionalidad se refiere a si el usuario puede visualizar los muebles en un plano tridimensional que simule una habitación o espacio deseado. Todas las aplicaciones mostradas permiten al usuario interactuar con los muebles, es decir, moverlos, rotarlos, eliminarlos, etc., pero no todas ellas permiten la visualización de varios productos a la vez. En cuanto a las dimensiones, solo algunas de estas aplicaciones muestran al usuario las medidas reales de los productos de los que disponen.

Por todos estos motivos y tal y como se muestra en la tabla, 3Design es una aplicación muy útil ya que ofrece una gran variedad de funcionalidades, en comparación con las demás, entre las que se encuentra la función de exportar los muebles de una vista a otra. Con la aplicación 3Design el usuario no solo dispone de dos alternativas de visualización de los productos (cosa que también es posible con Roomle), sino que, además, permite exportar los objetos que se están visualizando a través de la cámara mediante la RA para verlos desde diferentes perspectivas en un plano tridimensional, manteniendo la posición y rotación de los mismos.

2.5. Plataformas de desarrollo de la realidad aumentada

En este apartado se van a analizar las diferentes herramientas de desarrollo de realidad aumentada que existen actualmente en el mercado y que se han valorado para la realización de este proyecto. Teniendo en cuenta que el software implementado va a ser realizado para su uso únicamente en dispositivos Android, se tendrán en cuenta solo las plataformas de desarrollo de RA disponibles para su aplicación en dicho sistema operativo.

2.5.1. Vuforia

Vuforia [61] es una de las plataformas orientadas a la creación de contenidos de realidad aumentada más exitosas del momento. A través de su SDK se puede crear cualquier experiencia de RA que el usuario imagine. La herramienta está disponible tanto para dispositivos móviles como para otro tipo de sistemas como las HoloLens de Microsoft vistas en apartados anteriores. Es compatible para plataformas como iOS, Android y Unity.

El SDK de Vuforia permite el rastreo de objetivos, el reconocimiento de objetos 2D y 3D, escaneo de objetos reales para su reconocimiento, mapeo de elementos y, además, cuenta con Smart Terrain™ que permite reconstruir terrenos en tiempo real creando un mapa del entorno en 3D [62].

Para utilizar esta plataforma es necesario disponer de un Target o etiqueta (ver Fig 2.26) que reconocerá la cámara del dispositivo para situar el objeto virtual sobre él. El SDK permite la detección de varios tipos de etiqueta incluyendo, entre otras, objetos, imágenes y textos.

La documentación disponible que hay en internet acerca de esta herramienta no es tan completa como otras lo que puede acarrear cierta complejidad para desarrolladores

principiantes. La plataforma requiere de una licencia, aunque se puede usar de forma gratuita con marca de agua.



Fig 2. 26. Ejemplo de uso de un Target en Vuforia [63]

2.5.2. Wikitude

Wikitude [64] es un kit de desarrollo de realidad aumentada fundado en 2008 en Austria. Permite a los desarrolladores trabajar con la API nativa, de JavaScript o las extensiones de Unity, Cordova, Xamarin o Titanium para crear experiencias de RA multiplataforma para smartphones, tablets y gafas de realidad aumentada en Android, iOS y Windows [65].

Permite a los clientes desarrollar aplicaciones de RA capaces de reconocer, escanear y aumentar imágenes, objetos en 2D y 3D, escenas, ubicaciones geográficas y reconocimiento de objetos en la nube. A diferencia de la plataforma Vuforia, no requiere de Targets o etiquetas ya que cuenta con detección de superficies.

Este SDK cuenta con SMART, una API que integra ARKit, ARCore y Wikitude SLAM que ofrece la mejor experiencia posible de la realidad aumentada y que es compatible con una amplia gama de dispositivos, cubriendo el 92,6% de los dispositivos iOS y el 35% de los dispositivos Android disponibles en mercado [66].

Wikitude cuenta con una gran cantidad de páginas de documentación, desde información escrita proporcionada por la propia plataforma, hasta video tutoriales. La documentación disponible está bien estructurada, completa y detallada.

El SDK de Wikitude requiere de una licencia aunque se puede usar de forma gratuita con marca de agua. Otra opción es la de solicitar una licencia para estudiantes que, además de ser gratuita, elimina la marca de agua.

2.5.3. OpenCV

OpenCV [67] es una librería abierta para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada diseñada originalmente por Intel. Es una herramienta multiplataforma por lo que es compatible con GNU y Linux, Mac OS, Windows y Android y puede programarse con C, C++, Python, Java y Matlab.

Cuenta con más de 500 funciones entre las que se encuentran el reconocimiento de objetos y reconocimiento facial, calibración de cámaras y visión robótica combinando la visión por computador, el análisis de imágenes y el aprendizaje automático [68].

2.5.4. ARCore

ARCore [69] es una plataforma de realidad aumentada creada por Google en 2017 disponible para dispositivos Android. Es el más claro competidor del ARKit desarrollado por Apple y permite a los usuarios de Android viajar a una nueva dimensión de experiencias de RA. También es compatible con la plataforma Unity.

Se trata de un módulo imprescindible para el uso de la realidad aumentada en los dispositivos Android solo disponible para la versión Android 7.0 y posteriores. Además, la lista de smartphones compatibles con esta herramienta es muy limitada, estando disponible únicamente para los modelos más punteros como el Huawei P20 o el Samsung Galaxy S8. Muchas de las aplicaciones de RA existentes en el mercado hacen uso de esta plataforma. Para el uso de estas aplicaciones, por lo tanto, es necesario contar con la aplicación de ARCore instalada en el dispositivo, la cual se puede descargar de forma gratuita desde Google Play. Un ejemplo de aplicación en el mercado que hace uso de esta plataforma es Roomle, aplicación de decoración de RA, explicada en el apartado anterior.

Para crear experiencias de realidad aumentada de gran calidad, ARCore se basa en dos principios básicos, monitorización de la posición y orientación del dispositivo, así como movimientos y comprensión del mundo real. Esta herramienta utiliza la cámara del teléfono para monitorear los distintos puntos del espacio, determinar la orientación y la posición del dispositivo. A diferencia que la herramienta de Vuforia, no requiere del uso de Targets o etiquetas ya que cuenta con reconocimiento de superficies planas como un suelo o una pared y es capaz, además, de estimar la iluminación de la habitación. La licencia es de uso libre y gratuito [70].

A continuación, la Tabla 2.2 muestra una comparativa de las características y funcionalidades que ofrecen cada una de las plataformas de realidad aumentada mencionadas y que son fundamentales para el desarrollo de este proyecto:

Plataforma	Licencia Gratuita	Target	Instant tracking	Plane detection	Versión Android
Vuforia	Con marca de agua	Sí	Sí	No	7.0 o más
Wikitude	Sí	No	Sí	Sí	4.4 o más
OpenCV	Con marca de agua	No	Sí	No	3.0 o más
ARCore	Sí	No	Sí	Sí	8.0 o más

Tabla 2. 2. Tabla comparativa de herramientas de RA

2.6. Elección de la plataforma de desarrollo de realidad aumentada

Una vez analizadas las principales plataformas para el desarrollo de realidad aumentada presentes en el mercado se probó a utilizar Vuforia que parecía la más completa y sencilla para el trabajo a realizar. Sin embargo, esta herramienta se descartó debido a que la utilización de un Target o etiqueta restaba realismo, además de que no sería muy cómodo para los usuarios requerir de un Target en todo momento para el uso de la aplicación.

A continuación, se realizó una pequeña prueba con ARCore para testear su funcionamiento. Esta herramienta detecta superficies planas como suelos y paredes sin necesidad de utilizar un Target y cuenta también con bastante documentación y ejemplos de prueba. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, los smartphones con los que es compatible son muy escasos lo que hizo que se descartara esta opción, ya que la idea es que esta aplicación pueda ser usada por la mayor cantidad de usuarios posibles y no solo por aquellos que tengan un teléfono móvil de última generación.



Fig 2. 27. Logo del SDK de Wikitude [71]

Por último, Wikitude cuenta con una gran cantidad de información, documentación y ejemplos de prueba en la web que, además, están orientadas a cada una de las posibles plataformas o plugins de uso (Wikitude cuenta con una página de documentación específica para trabajar con el entorno Unity, otra para aquellos que trabajen con la API Nativa en Android Studio, etc.). Asimismo, al igual que ARCore, permite la detección de superficies sin necesidad de Targets y puede realizar una gran cantidad de

funcionalidades, además de ser una de las plataformas de desarrollo de RA más punteras y reconocidas en la actualidad. Por estos motivos se ha decidido, finalmente, trabajar con este kit de desarrollo de RA para la realización de la aplicación. Como se ha comentado anteriormente, la licencia es gratuita con marca de agua, pero existe la opción de solicitar la Educational License a través de la página oficial de Wikitude para eliminar la marca de agua.

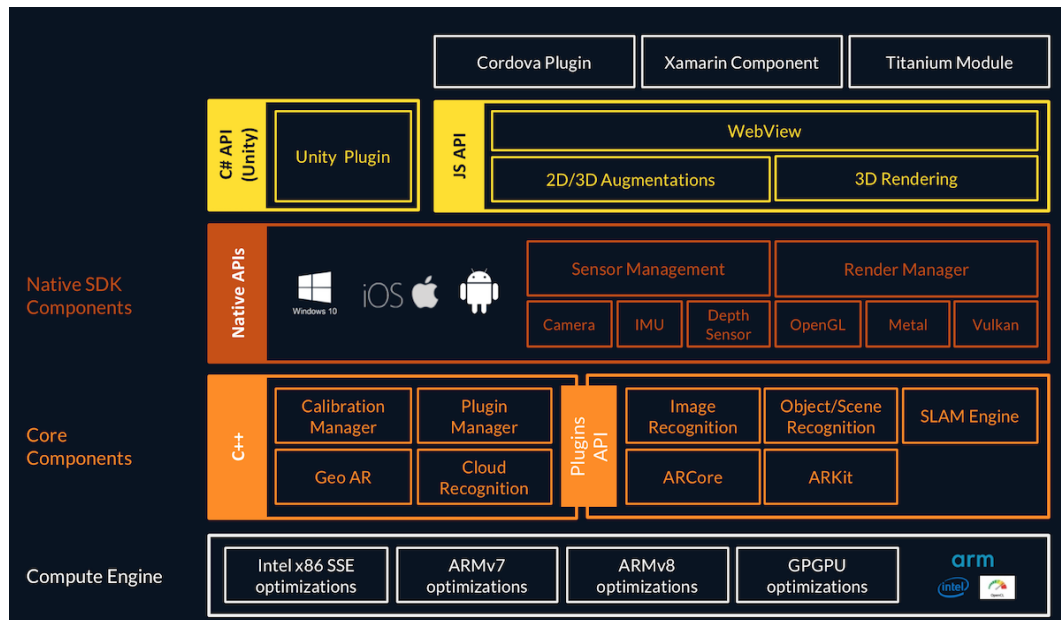


Fig 2. 28. Arquitectura del SDK de Wikitude [66]

La Fig 2.28 muestra la arquitectura del SDK de Wikitude junto con los diferentes componentes que permiten la creación de aplicaciones de realidad aumentada a través de diferentes plataformas de desarrollo [66].

- **Motor de visión artificial:** es el componente utilizado por todas las plataformas por ser parte del componente central de Wikitude. Incluye el motor SLAM y los motores de reconocimiento de imágenes y objetos.
- **Wikitude SDK – API Nativa:** proporciona acceso al motor de visión por computador de Wikitude. Utiliza la forma nativa para Android (Java), iOS (Objective-C) y Windows UWP.
- **Wikitude SDK – API de JavaScript:** utiliza HTML y JavaScript para crear experiencias de realidad aumentada. Algunas de las funcionalidades que proporciona son el motor de visión por computador, la RA basada en ubicación o GPS, así como el Plugins API y el renderizado.

- **Wikitude SDK – Plugins API** : es una API que permite conectar los propios plugins o complementos al SDK de Wikitude.
- **Wikitude SDK – Cordova Plugin**: permite el uso del SDK de Wikitude en combinación con Apache Cordova.
- **Wikitude SDK – Titanium Module**: permite el uso del SDK de Wikitude en combinación con Titanium.
- **Wikitude SDK – Unity3D Plugin**: permite el uso del SDK de Wikitude en combinación con Unity.
- **Wikitude SDK – Xamarin Component**: permite el uso del SDK de Wikitude en combinación con Xamarin.

2.7. Entornos de desarrollo de aplicaciones Android

En este apartado se van a analizar los diferentes entornos y softwares de desarrollo para aplicaciones que existen actualmente en el mercado y que han sido estudiados para la realización de este proyecto. Como se ha comentado anteriormente, la aplicación desarrollada en el presente Trabajo de Fin de Grado se va a realizar para su uso únicamente en dispositivos Android, por lo que para este estudio se han tenido en cuenta únicamente entornos de desarrollo de aplicaciones Android.

2.7.1. Android Studio

Android Studio [72] es un entorno de desarrollo oficial diseñado para la plataforma Android y que fue anunciado por Google en 2013 desbancando a Eclipse como el IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) oficial de desarrollo de aplicaciones Android. Está disponible para Windows, MacOS y Linux [73].

Este IDE ofrece una multitud de herramientas personalizadas para los desarrolladores entre las que se encuentran la edición, depuración y pruebas de código. Los usuarios de Android Studio pueden crear multitud de aplicaciones Android y descargar otras aplicaciones de código abierto, así como plantillas, enlaces a GitHub y tutoriales de prueba. Este entorno permite, además, aplicar los cambios realizados en el código y recursos sin necesidad de compilar la aplicación gracias al Instant Run, así como emular el funcionamiento de la aplicación en diferentes prototipos de dispositivos como smartphones y tablets a través del Android Emulator [74].

Android Studio es uno de los entornos de desarrollo Android más conocidos y con más éxito en el momento para este tipo de aplicaciones ya que, además, es gratuito y puede ser fácilmente descargado e instalado por los usuarios. Por este motivo, existen multitud de páginas de documentación en internet, tanto oficial como de los propios usuarios y que ofrecen ayuda desde la más básica para principiantes hasta la más compleja para programadores expertos.

2.7.2. Unity

Unity [75] es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies y lanzado en 2005. Es una de las plataformas más completas que existen permitiendo el desarrollo de juegos y aplicaciones para dispositivos como ordenadores (Windows, MacOS, Linux), smartphones y tablets (Android, iOS, Windows Phone y BlackBerry) e incluso videoconsolas (Wii, PlayStation y Xbox) [76].

Es una de las plataformas líderes en la industria que ofrece multitud de herramientas, un sencillo y potente editor, así como un modo Play para poder visualizar rápidamente la aplicación o juego en tiempo real. Permite la inclusión de elementos 2D y 3D, motores de alto rendimiento, así como herramientas y extensiones personalizadas. Esta plataforma, además, cuenta con unos objetos llamados GameObject en los métodos que permiten la rápida comunicación del script con los objetos que aparecen en la aplicación o juego. Dispone también del sistema UI que permite la creación de interfaces de usuario de manera rápida e intuitiva. El lenguaje de programación que utiliza este entorno es C# que proporciona un tiempo de compilación más rápido que otros lenguajes y que, además, combina en uno solo los lenguajes para programar en Android (Java) y en iOS (Objective-C) [77].

Al igual que Android Studio, y por tratarse de uno de los motores de desarrollo más punteros en la actualidad, se puede encontrar una gran cantidad de información acerca de Unity en internet, desde la documentación oficial, hasta video tutoriales realizados por los propios usuarios, pasando por ejemplos de prueba y multitud de foros donde los usuarios pueden preguntar y resolver sus dudas.

Por último, Unity requiere de una licencia entre las que se encuentran la Plus License y la Pro License, ambas con coste adicional y orientadas mayoritariamente a empresas y equipos de desarrollo. Unity también cuenta con una Personal License para principiantes que incluye obligatoriamente el logo de Unity durante la inicialización de la aplicación, así como una restricción de que la facturación del juego o la aplicación realizada no superen los 100.000 \$ anuales. Esta última es la licencia que se ha adquirido para el desarrollo de aplicación con Unity.

2.7.3. Xamarin Studio

Xamarin [78] es una compañía de software estadounidense perteneciente a Microsoft fundada en 2011. Esta herramienta utiliza el lenguaje de programación C# y permite a los desarrolladores crear aplicaciones para Android, iOS y Windows. La ventaja del uso de este lenguaje de programación (al igual que en Unity) es que se puede unificar la programación tanto para iOS como para Android ya que para la creación de aplicaciones en iOS el código se escribe en Objective-C y para Android en Java [79].

2.7.4. Apache Cordova

Apache Cordova [80] es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles de código abierto creado por PhoneGap. Este motor permite a los programadores crear aplicaciones para dispositivos móviles haciendo uso de las tecnologías CSS3, HTML5 y JavaScript sin tener que utilizar el lenguaje nativo de cada plataforma móvil (Android, iOS y Windows Phone) [81].

2.8. Elección del entorno de desarrollo Android

Una vez analizados los entornos de desarrollo Android más conocidos en el mercado se probó a utilizar Android Studio y Unity ya que son los más reconocidos y los que cuentan con una mayor cantidad de documentación en internet.

La gran cantidad de funcionalidades y componentes gráficos, así como lo intuitiva que es la herramienta Unity, han sido algunos de los motivos por lo que este entorno ha sido finalmente el elegido para el desarrollo de la aplicación 3Design presentada en este trabajo. Otro motivo muy importante por el que se ha optado por esta elección ha sido que el emulador de Android Studio requiere de un ordenador muy potente y tarda bastante tiempo en ejecutarse, lo cual hace que se pierda tiempo cada vez que se quiera realizar alguna prueba o simplemente corroborar el correcto funcionamiento de alguna nueva funcionalidad. Unity, por el contrario, cuenta con el modo Play que permite emular el juego o aplicación en tiempo real y sin necesidad de tanta espera lo que hace que se puedan realizar pruebas y simulaciones de manera más rápida y eficiente.

CAPÍTULO 3 – ANÁLISIS

En este capítulo se identifican, en primer lugar, los casos de uso seguidos de los requisitos del sistema que satisfacen la correcta implementación y funcionamiento de las diferentes funcionalidades que ofrece la aplicación 3Design. Todos los diagramas se han realizado con la herramienta Draw.io [82].

3.1. Casos de uso

En este apartado se detallan los casos de uso del sistema que identifican la iteración del usuario con la aplicación. A continuación, se muestran los diagramas que representan las diferentes funcionalidades que puede realizar un usuario del sistema. Se han construido tres diagramas diferentes para una mayor claridad.

El primer diagrama, mostrado en la Fig 3.1, se corresponde con el usuario que desea utilizar la aplicación y que puede realizar dos actividades: la de visualizar los muebles a través de la cámara y la de visualizar los muebles en un plano.

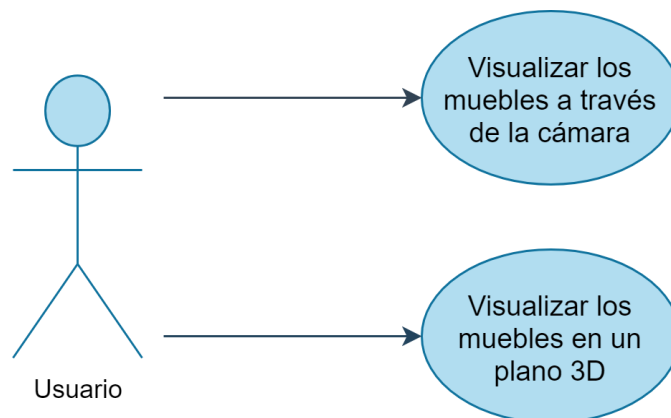


Fig 3. 1. Diagrama de casos de uso para el actor Usuario

La Fig 3.2 se corresponde con el usuario que ha elegido la primera opción (visualización a través de la cámara) y que puede realizar todas las funcionalidades indicadas en el diagrama.

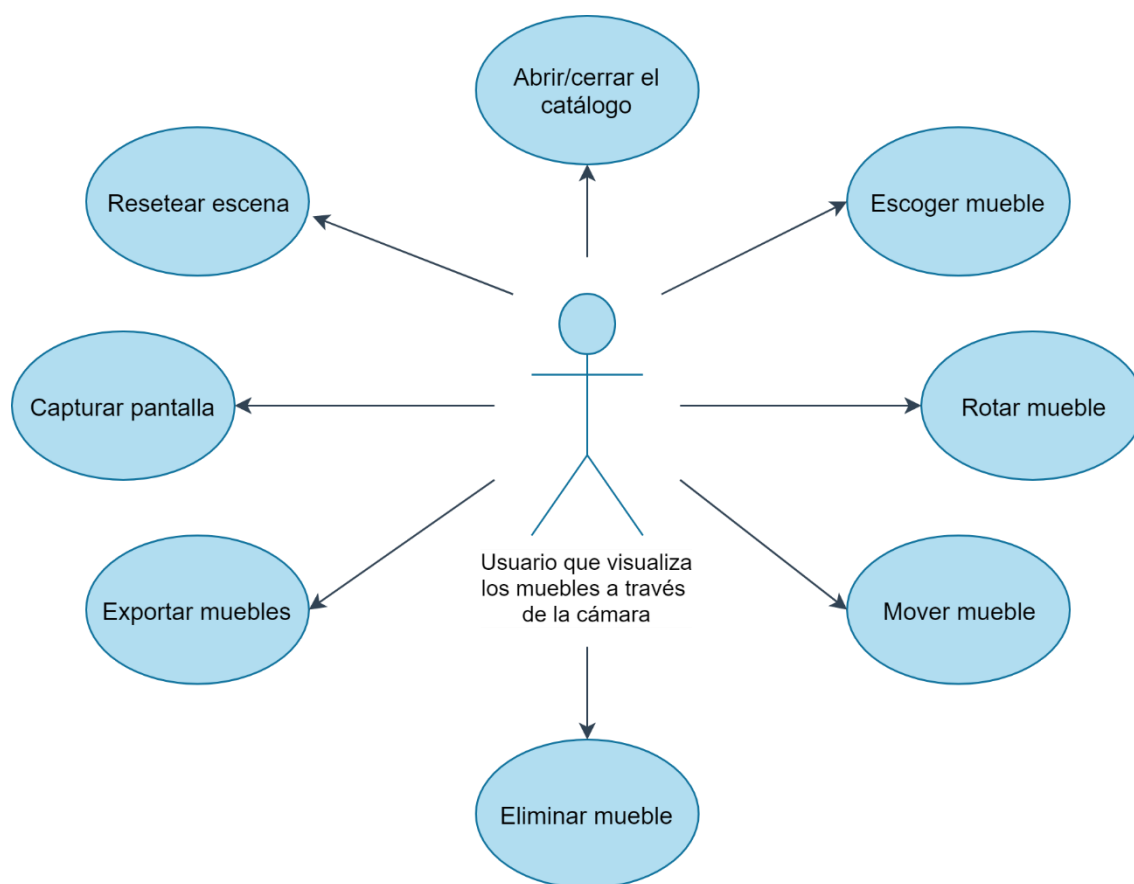


Fig 3. 2. Diagrama de casos de uso para el actor Usuario RA

Por último, la Fig 3.3 se corresponde con el usuario que ha elegido la segunda opción (visualización en un plano tridimensional) y que puede realizar todas las funcionalidades indicadas en el diagrama, que son las mismas que las del caso anterior a excepción de las acciones de “Mover/rotar cámara” y la de “Cambiar vista”. A pesar de su similitud se ha optado por separar estos dos diagramas para una mayor comprensión del trabajo realizado.

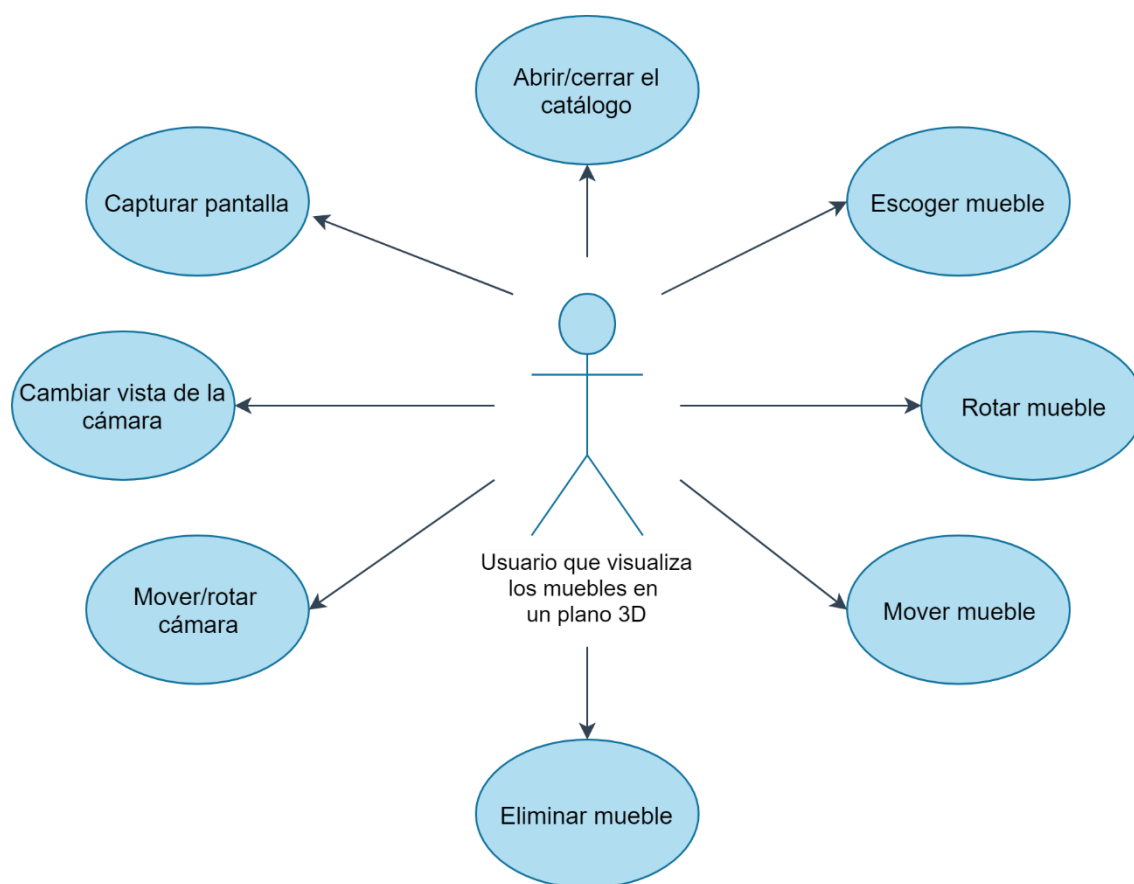


Fig 3. 3. Diagrama de casos de uso para el actor Usuario Plano

El usuario puede realizar en cualquier momento la acción de volver a la página anterior o de cerrar la aplicación. Estas acciones, sin embargo, no se muestran en los casos de uso puesto que no se han considerado tan relevantes como el resto de funcionalidades ofrecidas.

Para los casos de uso indicados en las tablas que se van a mostrar a continuación, se va a referir al “Usuario que visualiza los muebles a través de la cámara” como “Usuario RA” y al “Usuario que visualiza los muebles en un plano 3D” como “Usuario Plano” para una mayor comodidad.

La Tabla 3.1 define la plantilla utilizada para los casos de uso:

Identificador: identifica cada caso de uso y sigue el formato CU - XX donde XX es un número del 00 al 99			
Nombre	Nombre identificativo del caso de uso	Actor	Usuario que interactúa con la aplicación
Precondiciones		Postcondiciones	
Condiciones necesarias para que se pueda realizar la acción correspondiente		Estado del sistema tras la ejecución de la acción correspondiente	

Tabla 3. 1. Plantilla de casos de uso

Para no incluir información irrelevante, cada una de las acciones que son comunes para ambos actores (escoger, mover, rotar muebles, etc.) se han unificado en un solo caso de uso indicando las precondiciones y postcondiciones comunes y específicas para cada actor.

Antes de mostrar los casos de uso, es necesario conocer que en el seguimiento de objetos realizado a partir de las técnicas de realidad aumentada ofrecidas por el SDK de Wikitude, se lleva a cabo en dos fases diferenciadas. La primera es la de inicialización en la que se define, a través de la cámara, el espacio sobre el que se va a realizar el tracking. La segunda fase es la de tracking o seguimiento del entorno en la que se colocarán y se interactuará con los objetos virtuales. Para todas las acciones que puede realizar el Usuario RA es fundamental la precondición de que el sistema se encuentre en la fase de tracking. Con esto se está refiriendo a que el Usuario RA ya ha realizado la fase de inicialización y, por tanto, ya ha escogido el espacio sobre el que desea realizar el tracking a través de la cámara. Para el Usuario Plano esta precondición no se da.

Para el caso del Usuario Plano, es fundamental en todos los casos de uso, que el plano esté creado, es decir, que el usuario haya introducido correctamente las medidas de largo y ancho deseadas y haya pulsado el botón “Comenzar”. Para el Usuario RA esta precondición no se da.

A continuación, se muestran los casos de uso de la aplicación:

CU - 01			
Nombre	Visualizar muebles a través de la cámara	Actor	Usuario
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> El usuario se encuentra en la escena del menú principal Se pulsa el botón correspondiente Se han concedido los permisos de acceso a la cámara 		<ul style="list-style-type: none"> Se abre la escena AR-Catalogue donde se ve el espacio real a través de la cámara del dispositivo 	

Tabla 3. 2. Caso de uso CU-01

CU - 02			
Nombre	Visualizar muebles en un plano 3D	Actor	Usuario
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> El usuario se encuentra en la escena del menú principal Se pulsa el botón correspondiente Se rellenan los campos de largo y ancho con el formato adecuado (números enteros y decimales) Se pulsa el botón de “Comenzar” 		<ul style="list-style-type: none"> Se abre la escena Plane-Catalogue con el plano creado con las dimensiones indicadas en metros 	

Tabla 3. 3. Caso de uso CU-02

CU - 03				
Nombre	Abrir/cerrar catálogo		Actor	Usuario RA / Usuario Plano
Precondiciones			Postcondiciones	
Usuario RA	<ul style="list-style-type: none">Fase de tracking	<ul style="list-style-type: none">Se abre/cierra el catálogo		
Usuario Plano	<ul style="list-style-type: none">Plano creado			
<ul style="list-style-type: none">El catálogo está cerrado (para abrirlo) o está abierto (para cerrarlo)Se pulsa el botón “Catálogo”				

Tabla 3. 4. Caso de uso CU-03

CU - 04			
Nombre	Escoger mueble	Actor	Usuario RA / Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
Usuario RA	<ul style="list-style-type: none">Fase de trackingSe reconoce el entorno captado por la cámara	<ul style="list-style-type: none">Se cierra el catálogoSe crea una instancia de dicho objeto y aparece en la pantalla sobreponiéndose al entorno real captado por la cámara (Usuario RA) o sobre el plano (Usuario Plano)El objeto se crea con las dimensiones reales	
Usuario Plano	<ul style="list-style-type: none">Plano creado		
<ul style="list-style-type: none">El catálogo está abiertoSe pulsa sobre el panel del objeto deseado en el catálogo			

Tabla 3. 5. Caso de uso CU-04

CU - 05			
Nombre	Mover mueble	Actor	Usuario RA / Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
Usuario RA	<ul style="list-style-type: none">Fase de trackingSe reconoce el entorno captado por la cámara	<ul style="list-style-type: none">El objeto seleccionado se mueve por la pantalla siguiendo el desplazamiento del dedo	
Usuario Plano	<ul style="list-style-type: none">Plano creado		
<ul style="list-style-type: none">Hay algún objeto activo en la pantallaSe pulsa sobre el objeto activo con un dedoEl dedo se mueve deslizándose por la pantalla			

Tabla 3. 6. Caso de uso CU-05

CU - 06			
Nombre	Rotar mueble	Actor	Usuario RA / Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
Usuario RA	<ul style="list-style-type: none">Fase de trackingSe reconoce el entorno captado por la cámara	<ul style="list-style-type: none">El objeto seleccionado rota siguiendo el curso del dedo que está en movimiento	
Usuario Plano	<ul style="list-style-type: none">Plano creado		
<ul style="list-style-type: none">Hay algún objeto activo en la pantallaSe pulsa sobre el objeto activo con dos dedosAlguno de los dos dedos que pulsan la pantalla se mueve (haciendo el efecto de la rotación)			

Tabla 3. 7. Caso de uso CU-06

CU - 07			
Nombre	Eliminar mueble	Actor	Usuario RA / Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
Usuario RA	<ul style="list-style-type: none">Fase de trackingSe reconoce el entorno captado por la cámara	<ul style="list-style-type: none">El objeto seleccionado desaparece de la escena	
Usuario Plano	<ul style="list-style-type: none">Plano creado		
<ul style="list-style-type: none">Hay algún objeto activo en la pantallaSe pulsa el botón “Eliminar” y, a continuación, se pulsa sobre el objeto activo con el dedo			

Tabla 3. 8. Caso de uso CU-07

CU - 08				
Nombre	Capturar pantalla		Actor	Usuario RA / Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones		
Usuario RA	<ul style="list-style-type: none">Fase de tracking	<ul style="list-style-type: none">Se guarda una captura de la pantalla en el dispositivoSe muestra un mensaje indicando la ruta donde se ha guardado la captura		
Usuario Plano	<ul style="list-style-type: none">Plano creado			
<ul style="list-style-type: none">Se pulsa el botón “Capturar pantalla”				

Tabla 3. 9. Caso de uso CU-08

CU - 09			
Nombre	Resetear escena	Actor	Usuario RA
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> Fase de tracking Se pulsa el botón “Resetear” 		<ul style="list-style-type: none"> El sistema vuelve a la fase de inicialización 	

Tabla 3. 10. Caso de uso CU-09

CU - 10			
Nombre	Exportar muebles	Actor	Usuario RA
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> Fase de tracking Se reconoce el entorno captado por la cámara Se pulsa el botón “Exportar” 		<ul style="list-style-type: none"> Se cierra la escena AR-Catalogue Se abre la escena Plane-Catalogue con los muebles exportados que mantienen la posición y rotación 	

Tabla 3. 11. Caso de uso CU-10

CU - 11			
Nombre	Mover cámara	Actor	Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> Plano creado Se ha pulsado el botón “Habilitar movimiento” un número impar de veces (si se pulsa una vez se habilita el movimiento, si se vuelve a pulsar se deshabilita, y así sucesivamente). Se pulsa la pantalla con un dedo El dedo se mueve deslizándose por la pantalla 		<ul style="list-style-type: none"> La cámara se mueve por la pantalla siguiendo el desplazamiento del dedo (hacia delante, hacia atrás y hacia los lados) 	

Tabla 3. 12. Caso de uso CU-11

CU - 12			
Nombre	Rotar cámara	Actor	Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> Plano creado Se pulsa el botón “Rotar cámara” 		<ul style="list-style-type: none"> La cámara rota 90 grados más en el eje y (independientemente de que esté activada la vista superior o la interior) 	

Tabla 3. 13. Caso de uso CU-12

CU - 13			
Nombre	Cambiar vista de la cámara	Actor	Usuario Plano
Precondiciones		Postcondiciones	
<ul style="list-style-type: none"> Plano creado Se pulsa el botón “Cambiar vista” 		<ul style="list-style-type: none"> La cámara cambia a vista interior (si estaba en vista superior) o a vista superior (si estaba en vista interior) 	

Tabla 3. 14. Caso de uso CU-13

3.2. Requisitos del sistema

En este apartado se muestran los requisitos del sistema identificados a partir de los casos de uso expuestos en el apartado anterior. Los requisitos especifican y documentan las capacidades que debe poseer el sistema de manera que se satisfagan las necesidades de los usuarios. Para todos los requisitos del sistema se ha tenido en cuenta que son

completamente estables, es decir, que no van a sufrir ningún cambio durante el tiempo de vida del software.

La plantilla con la que se van a definir de los requisitos del sistema es la siguiente:

Identificador: identifica cada requisito y sigue el formato RY - XX donde Y es el tipo de requisito y XX es un número del 00 al 99			
Nombre	Nombre identificativo del requisito	Verificabilidad	Indica si se puede probar que el sistema cumple dicho requisito. Puede ser alta o media
Necesidad	Indica el grado de necesidad del requisito. Puede ser alta o media	Prioridad	Indica el grado de prioridad del requisito. Puede ser alta o media
Descripción			
Descripción detallada del requisito indicando, si es necesario, los pasos a realizar			

Tabla 3. 15. Plantilla de requisitos del sistema

3.2.1. Requisitos funcionales

Son los requisitos que describen el comportamiento del sistema, es decir, lo que debe hacer el software para satisfacer las necesidades de los usuarios. Se identifican como RF-XX.

RF - 01			
Nombre	Visualizar muebles a través de la cámara	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema mostrará al usuario el espacio real captado por la cámara del dispositivo en tiempo real sobre el que el usuario podrá colocar, gracias a la RA, los modelos virtuales disponibles. Para ello el usuario debe pulsar el botón correspondiente			

Tabla 3. 16. Requisito funcional RF-01

RF - 02			
Nombre	Visualizar muebles en un plano 3D	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema mostrará al usuario un plano tridimensional en el que el usuario podrá visualizar los muebles elegidos. Para ello el usuario debe pulsar el botón correspondiente y rellenar los campos de largo y ancho de la habitación en metros			

Tabla 3. 17. Requisito funcional RF-02

RF - 03			
Nombre	Acceso a la cámara	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
<p>El sistema accederá a la cámara del dispositivo cuando se pulse la opción de visualizar los muebles a través de la cámara (mediante RA).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al arrancar la aplicación por primera vez en el dispositivo, el sistema pedirá permiso para acceder a la cámara • Si el usuario confirma la acción, el sistema podrá acceder a la cámara y mostrar los muebles en un espacio real a partir de las técnicas de realidad aumentada 			

Tabla 3. 18. Requisito funcional RF-03

RF - 04			
Nombre	Abrir/cerrar catálogo	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema abrirá o cerrará el catálogo. Para ello se debe pulsar el botón “Catálogo” que abre o cierra el catálogo en función de si estaba o no abierto			

Tabla 3. 19. Requisito funcional RF-04

RF - 05			
Nombre	Mostrar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
<p>El sistema mostrará los muebles que el usuario desea visualizar (en el plano o en un espacio real). Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se abre el catálogo (si estaba cerrado) • Se selecciona el tipo de mueble deseado • Se selecciona el mueble deseado perteneciente a la categoría escogida • El sistema posicionará el modelo tridimensional del mueble seleccionado en el plano o en el entorno captado por la cámara en tiempo real • Además, el modelo se mostrará con las dimensiones reales 			

Tabla 3. 20. Requisito funcional RF-05

RF - 06			
Nombre	Mover muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
<p>El sistema moverá los muebles seleccionados por el usuario de entre los que están activos en la escena. Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pulsa sobre el objeto que se desea mover • Se desplaza el dedo por la pantalla moviendo el objeto consigo 			

Tabla 3. 21. Requisito funcional RF-06

RF - 07			
Nombre	Rotar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Media	Prioridad	Media
Descripción			
<p>El sistema rotará los muebles seleccionados por el usuario de entre los que están activos en la escena. Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pulsa sobre el objeto que se desea rotar con dos dedos • Se mueve, al menos, uno de los dos dedos por la pantalla haciendo el efecto de la rotación para cambiar el ángulo del objeto 			

Tabla 3. 22. Requisito funcional RF-07

RF - 08			
Nombre	Eliminar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
<p>El sistema eliminará los muebles seleccionados por el usuario de entre los que están activos en la escena. Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se pulsa sobre el botón “Eliminar” • Se pulsa sobre el objeto que se quiere suprimir 			

Tabla 3. 23. Requisito funcional RF-08

RF - 09			
Nombre	Capturar pantalla	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Media	Prioridad	Media
Descripción			
<p>El sistema guardará una captura de pantalla con el escenario creado. Para ello se debe pulsar el botón “Capturar pantalla”</p>			

Tabla 3. 24. Requisito funcional RF-09

RF - 10			
Nombre	Exportar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
<p>El sistema exportará los muebles que están activos en la escena de realidad aumentada para visualizarlos sobre un plano tridimensional. Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario se encuentra en la escena AR-Catalogue (visualización a través de la cámara) • Se pulsa el botón “Exportar”. (En el caso de que no hubiera ningún mueble en la escena, al pulsar este botón se abriría la escena Plane-Catalogue con el plano vacío) 			

Tabla 3. 25. Requisito funcional RF-10

RF - 11			
Nombre	Resetear escena	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Media	Prioridad	Media
Descripción			
<p>El sistema reseteará la escena eliminando, así, los objetos activos y volviendo de nuevo al estado de inicialización. Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario se encuentra en la escena AR-Catalogue (visualización a través de la cámara) • Se pulsa el botón “Resetear” 			

Tabla 3. 26. Requisito funcional RF-11

RF - 12			
Nombre	Cambiar vista de la cámara	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Media	Prioridad	Media
Descripción			
<p>El sistema cambiará la vista de la cámara (vista superior o vista interior). Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario se encuentra en la escena Plane-Catalogue (visualización en un plano) • Se pulsa el botón “Cambiar vista” • El sistema tiene habilitada la vista superior por defecto 			

Tabla 3. 27. Requisito funcional RF-12

RF - 13			
Nombre	Mover cámara	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Media	Prioridad	Media
Descripción			
<p>El sistema moverá la cámara por el plano construido (hacia delante, hacia atrás y hacia los lados). Para ello se deben seguir los siguiente pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario se encuentra en la escena Plane-Catalogue (visualización en un plano) • Se pulsa el botón “Habilitar movimiento” • El sistema tiene deshabilitado el movimiento de la cámara por defecto 			

Tabla 3. 28. Requisito funcional RF-13

RF - 14			
Nombre	Rotar cámara	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Media	Prioridad	Media
Descripción			
<p>El sistema rotará la cámara por el plano construido. Para ello se deben seguir los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El usuario se encuentra en la escena Plane-Catalogue (visualización en un plano) • Se pulsa el botón “Rotar cámara” • La cámara se encuentra por defecto con un ángulo de 0 grados en el eje y. Cada vez que se pulsa este botón la cámara rota 90 grados más en este eje • La rotación se realiza independientemente de que esté activada la vista superior o la interior 			

Tabla 3. 29. Requisito funcional RF-14

3.2.2. Requisitos de rendimiento

Son los requisitos que describen la carga que debe soportar el sistema, es decir, especifican los valores de rendimiento del sistema. Se identifican como RR-XX.

RR - 01			
Nombre	Disponibilidad total	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema estará disponible las 24 horas del día todos los días del año sin restricciones			

Tabla 3. 30. Requisito de rendimiento RR-01

RR - 02			
Nombre	Tiempo de respuesta	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El tiempo de respuesta del sistema para cualquier acción no será superior a los 3 segundos			

Tabla 3. 31. Requisito de rendimiento RR-02

3.2.3. Requisitos de interfaz

Son los requisitos que especifican los componentes hardware o software con el que el sistema se va a comunicar. Se identifican como RI-XX.

RI - 01			
Nombre	Accesibilidad	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema debe ser accesible desde cualquier dispositivo con sistema operativo Android con versión Android 7.1 ‘Nougat’ o superior (API level 25)			

Tabla 3. 32. Requisito de interfaz RI-01

3.2.4. Requisitos de usabilidad

Son los requisitos que describen la facilidad con la que un usuario podrá interactuar con el sistema. Se identifican como RU-XX.

RU - 01			
Nombre	Interfaz intuitiva	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
La interfaz del sistema (imágenes, botones, iconos, etc.) deberán ser intuitivos y fácilmente reconocibles por los usuarios			

Tabla 3. 33. Requisito de usabilidad RU-01

RU - 02			
Nombre	Reconocimiento ante errores	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema coloreará en rojo la barra de actividad de la escena de visualización con RA indicando al usuario que el entorno ha dejado de ser reconocido por la cámara del dispositivo			

Tabla 3. 34. Requisito de usabilidad RU-02

3.2.5. Requisitos de comprobación

Son los requisitos que especifican las comprobaciones y verificaciones que debe realizar el sistema a la hora de ejecutar cualquier acción. Se identifican como RC-XX.

RC - 01			
Nombre	Creación del plano	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema comprobará que los dos campos (largo y ancho) al iniciar la escena de crear el plano estén rellenos siguiendo el formato adecuado (números enteros y decimales). Hasta que esto no ocurra el botón “Comenzar” que crea el plano estará bloqueado			

Tabla 3. 35. Requisito de comprobación RC-01

RC - 02			
Nombre	Espacio reconocido	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
El sistema comprobará en todo momento que el espacio real captado a través de la cámara del dispositivo está siendo reconocido. En caso contrario, los objetos activos desaparecen y la barra de actividad de vuelve roja			

Tabla 3. 36. Requisito de comprobación RC-02

RC - 03			
Nombre	Mover/rotar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
<p>Cuando el usuario pulse sobre la pantalla en cualquiera de las dos opciones de visualización que ofrece la aplicación, el sistema comprobará que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La pulsación se está haciendo sobre un objeto activo en la escena • La pulsación es con un solo dedo. En este caso, cuando el dedo sea desplazado por la pantalla, el objeto se moverá siguiendo su curso • La pulsación es con dos dedos. En este caso, cuando alguno de los dos dedos se mueva, el objeto rotará siguiendo el ángulo realizado por el movimiento del dedo 			

Tabla 3. 37. Requisito de comprobación RC-03

RC - 04			
Nombre	Eliminar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
Cuando el usuario pulse el botón “Eliminar” en cualquiera de las dos opciones de visualización que ofrece la aplicación, el sistema comprobará si, a continuación, se pulsa algún objeto activo en la escena. Si se da ese caso, el objeto pulsado desaparecerá			

Tabla 3. 38. Requisito de comprobación RC-04

RC - 05			
Nombre	Exportar muebles	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
Cuando el usuario pulse sobre el botón “Exportar” en la opción de realidad aumentada, el sistema comprobará si hay objetos activos en la escena para guardarlos, junto con sus posiciones y rotación, y ser exportados a la opción de visualización en el plano			

Tabla 3. 39. Requisito de comprobación RC-05

RC - 06			
Nombre	Límites de movimiento	Verificabilidad	Alta
Necesidad	Alta	Prioridad	Alta
Descripción			
Durante el movimiento de cualquier objeto activo en la escena de visualización en el plano, el sistema comprobará constantemente que el objeto no sobrepase los límites del plano, es decir, el sistema comprobará la posición del objeto en cada desplazamiento para impedir que se salga de cualquiera de las cuatro paredes del plano			

Tabla 3. 40. Requisito de comprobación RC-06

3.3. Matriz de trazabilidad

La matriz de trazabilidad que se muestra a continuación relaciona los requisitos funcionales del sistema con los casos de uso a partir de los cuales se han extraído. Cada caso de uso debe estar cubierto por, al menos, un requisito funcional por lo que hay tantos o más requisitos funcionales que casos de uso.

RF/CU	CU-01	CU-02	CU-03	CU-04	CU-05	CU-06	CU-07	CU-08	CU-09	CU-10	CU-11	CU-12	CU-13
RF-01	X												
RF-02		X											
RF-03	X												
RF-04			X										
RF-05				X									
RF-06					X								
RF-07						X							
RF-08							X						
RF-09								X					
RF-10										X			
RF-11									X				
RF-12													X
RF-13											X		
RF-14												X	

Tabla 3. 41. Matriz de trazabilidad

CAPÍTULO 4 – DISEÑO DE LA APLICACIÓN

En este capítulo se explican las decisiones técnicas, de arquitectura y de diseño del sistema. Se muestran, además, los recursos utilizados, así como diagramas de flujo explicativos.

4.1. Recursos del sistema

Para la implementación de la aplicación se han utilizado conjuntamente el SDK de Wikitude para el desarrollo de la RA y el motor de videojuegos y aplicaciones Unity para la creación de la aplicación Android. Para poder utilizar el Unity Plugin de Wikitude (que permite el uso del SDK de Wikitude en combinación con Unity), se importó inicialmente el unitypackage de Wikitude (paquete Unity que contiene todos los complementos del kit de Wikitude necesarios para el desarrollo de la RA) que aparece en la carpeta descargada de la página oficial de este kit de desarrollo [83].

Unity es el software base sobre el que se ha realizado toda la implementación y desarrollo de la aplicación, mientras que Wikitude Unity Plugin es un complemento del SDK de Wikitude que encapsula todas las características de este kit y que ha permitido añadir las técnicas de realidad aumentada a esta herramienta para la correcta implementación del trabajo realizado.

4.2. Diagramas de flujo

El ciclo de ejecución de la aplicación se puede dividir en cuatro diagramas de flujo diferentes. Todos los diagramas mostrados a continuación se han realizado con la aplicación gratuita de Google Drive Draw.io [82].

La Fig 4.1 muestra el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento general de la aplicación antes de iniciar cualquiera de las dos actividades principales: la visualización de objetos a través de la cámara mediante la RA o la visualización en un plano 3D.

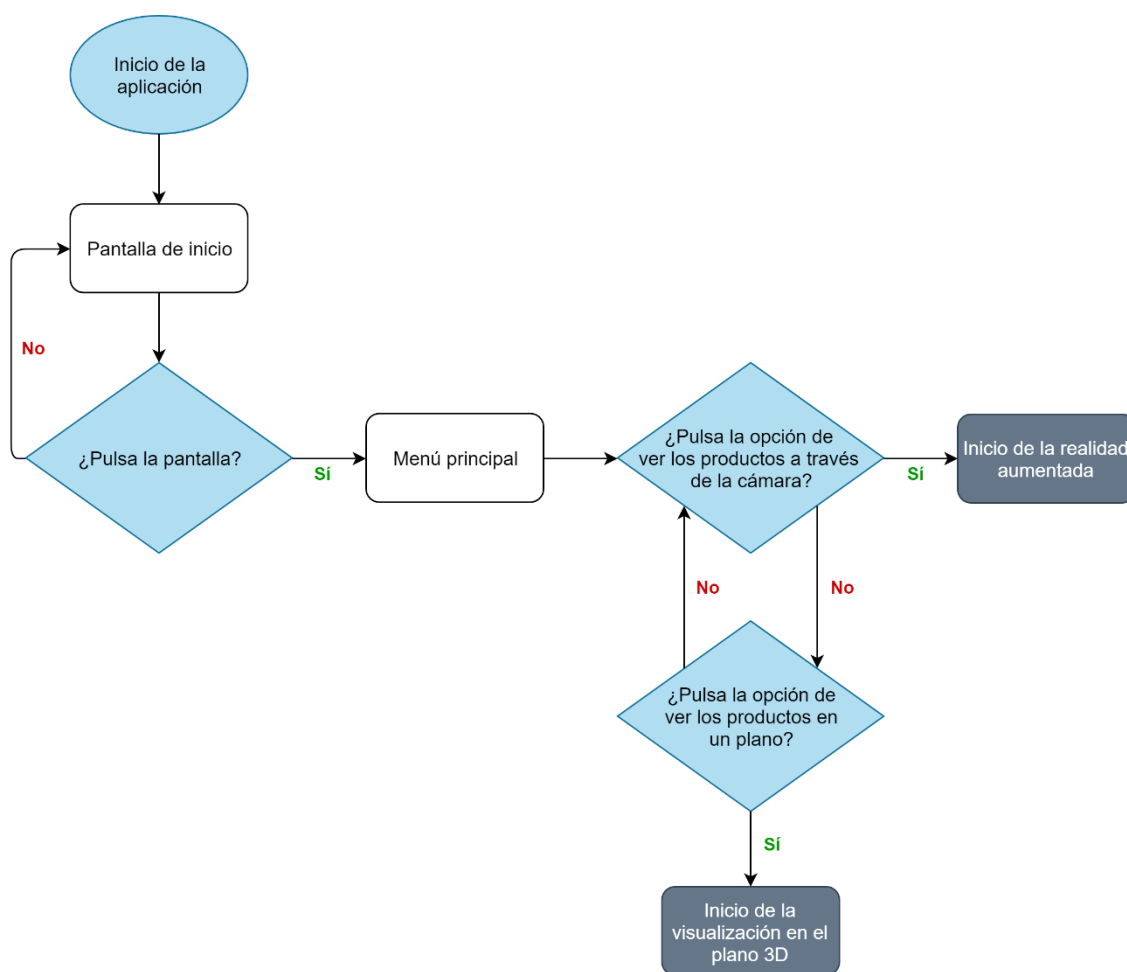


Fig 4. 1. Diagrama de flujo sobre el funcionamiento inicial de la aplicación

Al iniciar la aplicación, se muestra la pantalla de inicio que no desaparece hasta que el usuario no pulsa sobre ella. Cuando esto sucede se abre el menú principal donde el usuario puede elegir entre realizar cualquiera de las dos actividades descritas, que se verán más detalladamente en el capítulo de implementación.

La Fig 4.2 muestra el diagrama de flujo correspondiente al funcionamiento general de la actividad de visualización de los productos a través de la cámara mediante técnicas de realidad aumentada.

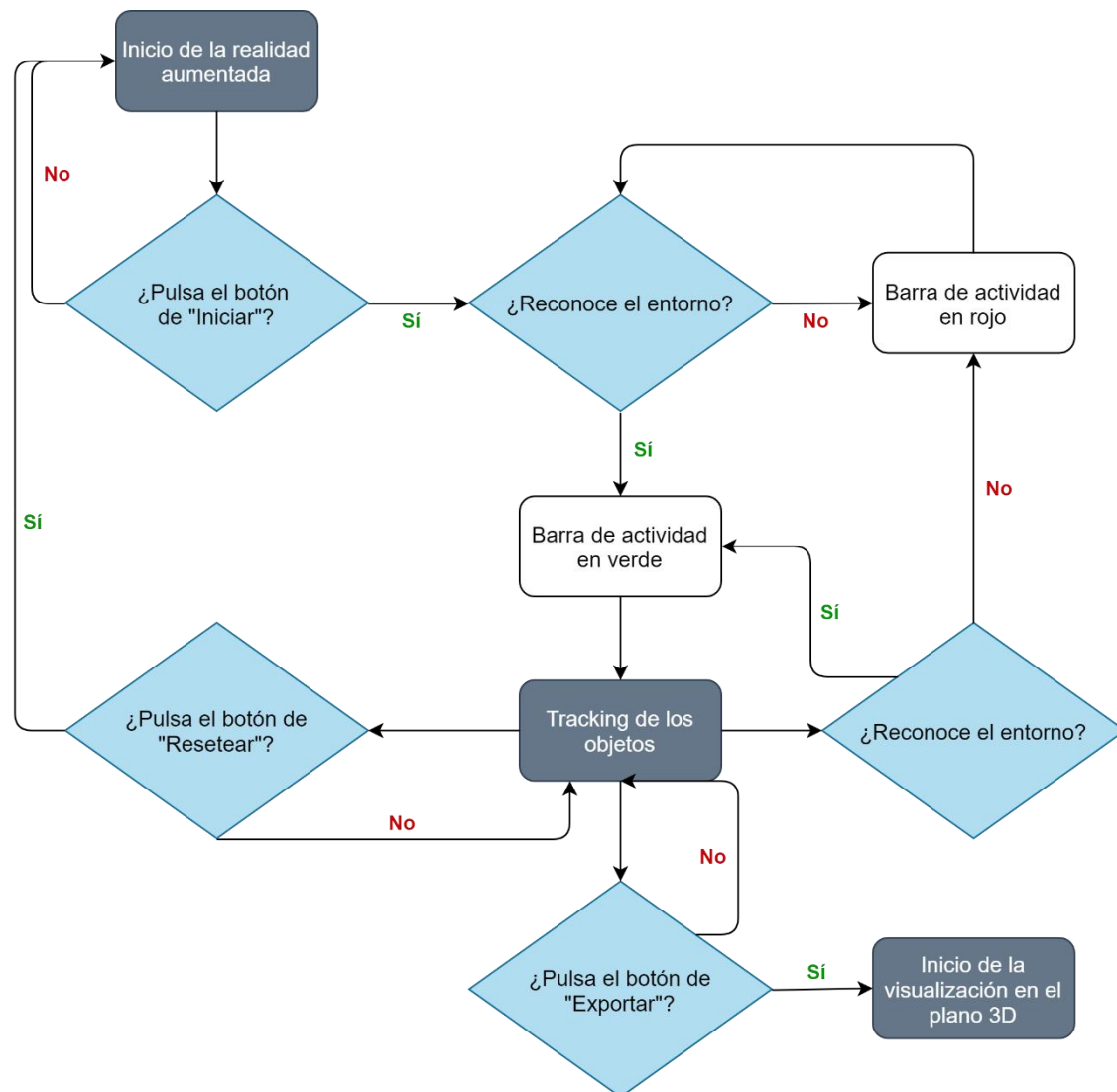


Fig 4. 2. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la actividad de RA

En esta pantalla o escena el usuario debe, inicialmente, apuntar con la cámara de su dispositivo hacia el entorno elegido y pulsar el botón “Iniciar”. Cuando pulsa este botón, la barra de actividad cambiará de color dependiendo si el entorno se reconoce adecuadamente (verde) o no (rojo). Si la barra de actividad está verde, entonces el usuario podrá comenzar la actividad de tracking o visualización de los modelos. Si en algún momento del tracking el dispositivo deja de reconocer el entorno, entonces la barra de actividad vuelve a ponerse roja y se desactivan todos los objetos que hay en la escena, así como las diferentes funcionalidades. En caso de que el usuario pulse el botón “Resetear”, se inicia la actividad de realidad aumentada de nuevo.

En la Fig 4.3 se muestra el diagrama de flujo correspondiente a la actividad de visualización de los productos en un plano 3D.

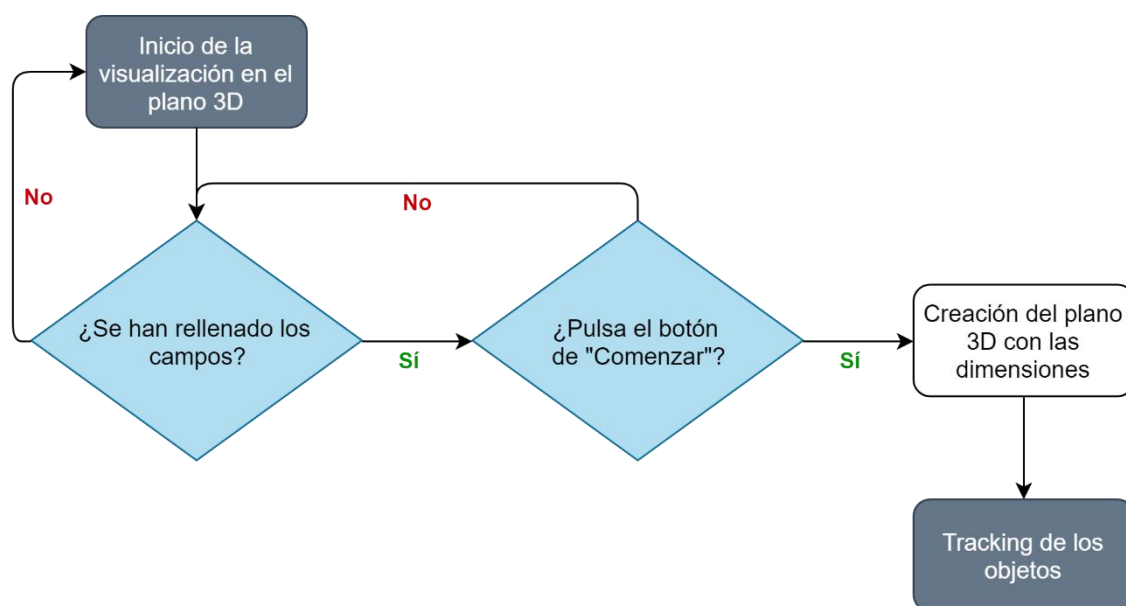


Fig 4. 3. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la actividad de visualización en el plano

Al iniciar esta actividad, el usuario debe rellenar los campos de largo y ancho deseados para crear el plano. Cuando las dimensiones se han introducido correctamente y en el formato adecuado (números enteros y decimales), el usuario debe pulsar el botón “Comenzar” que crea automáticamente el plano tridimensional con las medidas elegidas por el usuario. A partir de este momento el usuario puede comenzar la actividad de tracking o visualización y seguimiento de los objetos.

El último diagrama de flujo, que se puede ver en la Fig 4.4, es el de la actividad de tracking o seguimiento de los objetos.

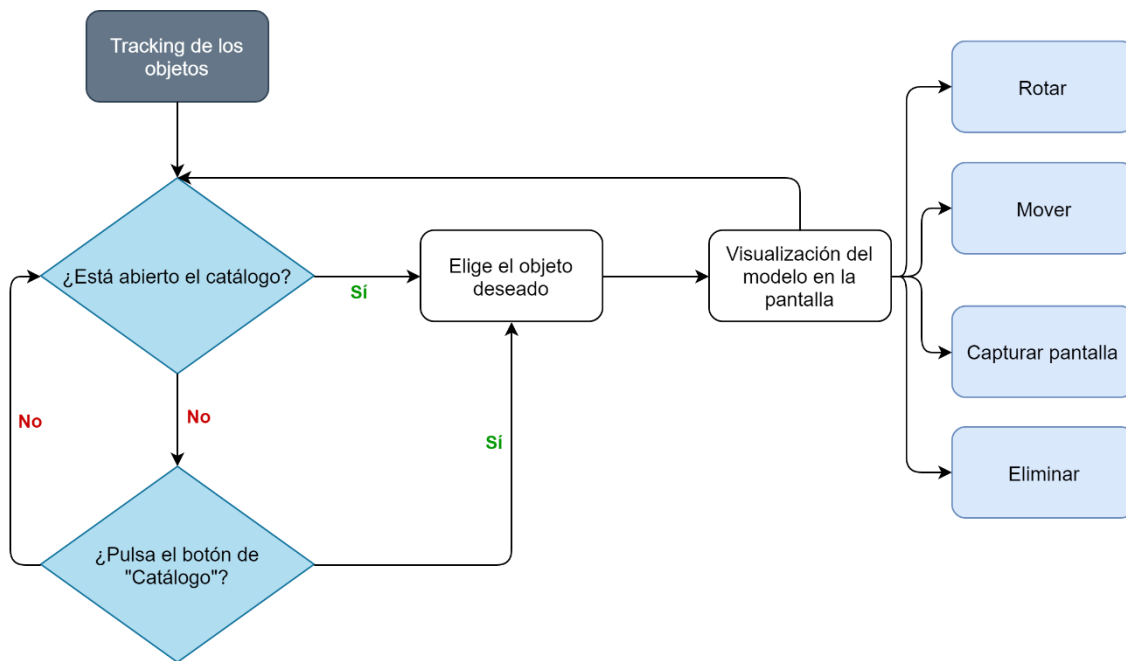


Fig 4. 4. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la actividad de tracking de los objetos

Para comenzar la visualización y el tracking de los objetos 3D el usuario debe abrir el catálogo y pulsar sobre el mueble deseado. Este objeto aparecerá en la pantalla con las dimensiones, posición y rotación estipuladas en la implementación, bien sobre la imagen real captada por la cámara o bien sobre un plano 3D, dependiendo de la opción elegida por el usuario. A partir de este momento, el usuario puede realizar numerosas funciones como la de rotación, movimiento y eliminación de los objetos, captura de pantalla e incluso rotación y movimiento de la cámara (estas dos últimas no se han añadido al diagrama de flujo puesto que son funciones exclusivas de la escena de visualización en el plano).

A pesar de que se hayan utilizado diferentes modos de implementación para el tracking de la escena de visualización a través de la cámara y la de visualización en el plano, el esquema general del funcionamiento es el mismo y, por este motivo, se ha simplificado en un único diagrama de flujo.

4.3. Objetos 3D

La aplicación 3Design, como se ha comentado en apartados anteriores, hace uso de una amplia gama de objetos 3D que el usuario puede visualizar tanto sobre un plano como sobre elementos reales a través de la cámara. Por ello, en este apartado se van a mostrar y comentar todos estos objetos tridimensionales, así como los componentes y materiales

que los conforman y que se han tenido que asignar manualmente con la herramienta Unity empleada para la implementación de la aplicación.

En Unity todos los objetos que aparecen en la escena se conocen como `GameObject` y pueden ser desde simples objetos (como los muebles y construcciones en este caso), hasta personajes animados, cámaras, luces, paneles, etc. Estos `GameObject` pueden contener multitud de propiedades como materiales, componentes, transformaciones, etc. Todos los objetos mobiliarios se han convertido a Prefab, un asset que actúa como una plantilla a partir de la cual se crean nuevas instancias del objeto en la escena. Los Prefab son fundamentales ya que permiten almacenar los `GameObject` con todos sus componentes, materiales y propiedades, para que se puedan mover, rotar, eliminar, conocer sus posiciones, y en general realizar cualquier tipo de interacción sobre ellos. El resto de `GameObject` utilizados en la aplicación, como cámaras, luces, paneles y objetos de construcciones no se han convertido a Prefab puesto que el usuario no va a interactuar con ellos.

En cuanto a los modelos 3D utilizados en la aplicación, se pueden diferenciar en dos grupos que se muestran a continuación y que son muebles y construcciones.

3.2.1. Muebles

Unity trabaja con modelos 3D en formato .fbx por lo que todos estos objetos mobiliarios se han obtenido a través de la compañía TurboSquid [84] que vende modelos 3D, algunos de ellos de manera gratuita. Una vez descargados los modelos se han arrastrado a la carpeta “Models” del proyecto en Unity. Estos modelos son los siguientes:

- **Sillas**

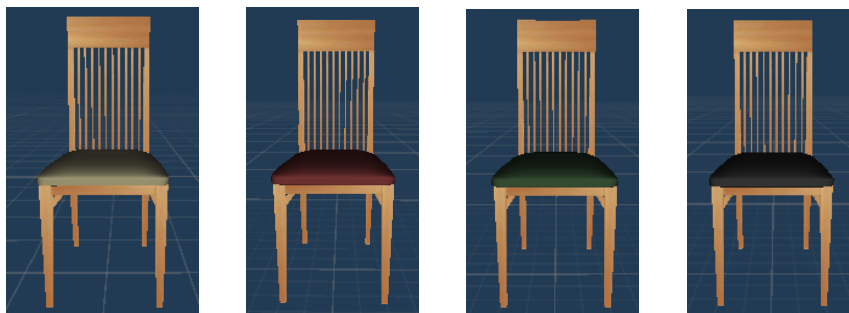


Fig 4. 5. Prefab de las sillas beige, roja, verde y negra

- **Sofá**

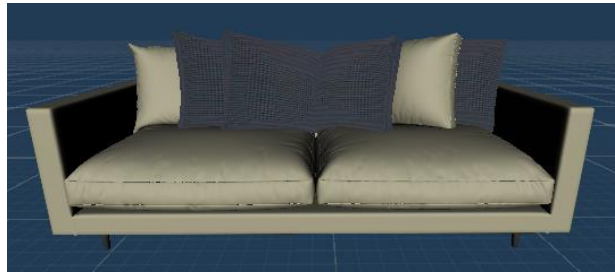


Fig 4. 6. Prefab del sofá

- **Sillones**



Fig 4. 7. Prefab de los sillones beige y azul

- **Mesas**

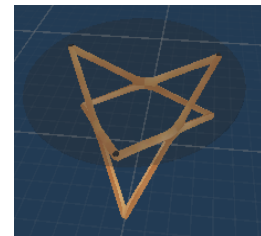
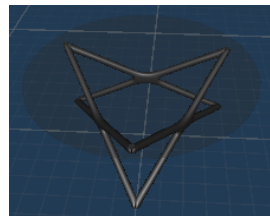
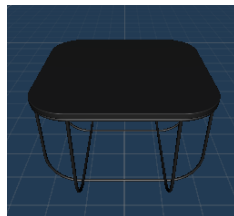
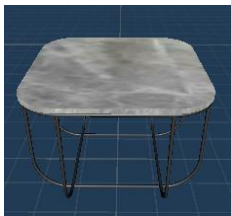
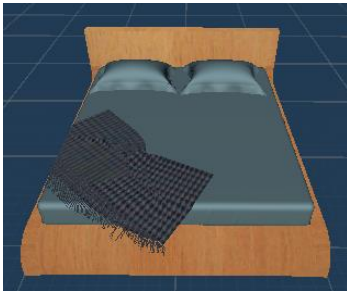
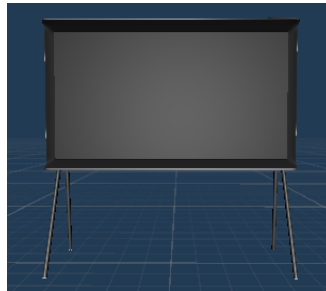


Fig 4. 8. Prefab de las mesas cuadradas y redondas

- **Cama**



- **Televisor**



- **Lámpara**

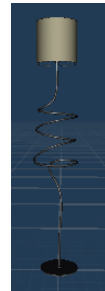


Fig 4. 9. Prefab de la cama, el televisor y la lámpara

- **Puertas**



Fig 4. 10. Prefab de las puertas

- **Ventanas**

La misma ventana está disponible con otras dimensiones.



Fig 4. 11. Prefab de la ventana pequeña

A todos los Prefab se les ha añadido un componente de Unity llamado Box Collider, una especie de cubo vacío que envuelve al objeto. A este cubo se le han dado las dimensiones necesarias para que se ajustara correctamente a cada uno de los modelos. El componente

Box Collider permite al usuario interactuar a través de la pantalla táctil con el Prefab, en este caso, moverlo y rotarlo por el espacio.

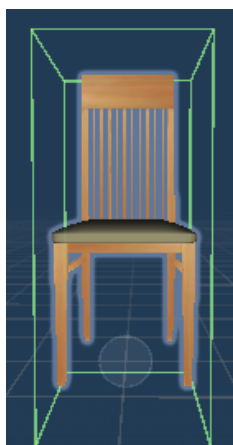


Fig 4. 12. Prefab de la silla beige con su correspondiente Box Collider

3.2.2. Construcciones

Son GameObject creados directamente en Unity y son las cuatro paredes y el suelo que componen el plano (ver Fig 4.13). No se han convertido a Prefab puesto que el usuario no va a interactuar con ellos.

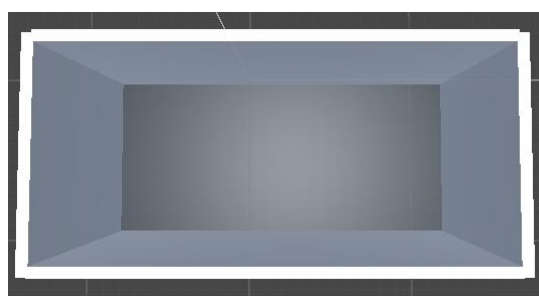


Fig 4. 13. Vista superior de un plano tridimensional en Unity

Tanto cada una de las paredes como el suelo, se han creado pulsando en la barra de herramientas de Unity la opción GameObject → 3D Object → Cube. Una vez creado el cubo, se han establecido las dimensiones, rotación y posición deseadas para crear la estructura completa del plano. Las dimensiones de las paredes, así como la del suelo, son dinámicas, es decir, inicialmente se han establecido unas dimensiones predefinidas pero estas cambiarán según los valores de largo y ancho que el usuario introduzca cuando pulse la opción de visualizar los productos sobre el plano.

3.2.3. Materiales

Cada uno de los modelos utilizados tiene asignado uno o varios materiales como se puede ver en el Inspector del proyecto Unity en el apartado “Materials” del modelo. Esto se ha realizado manualmente a través de Unity mediante la creación de diferentes materiales de colores lisos, metalizados o con texturas en formato de imagen que se han descargado de internet. Por ejemplo, el modelo .fbx de silla utilizado consta de dos materiales como se puede ver en la Fig 4.14 Para el material de la estructura se ha utilizado una imagen de madera y para el asiento se han utilizado materiales de diferentes colores para cada una de las sillas disponibles en el catálogo.

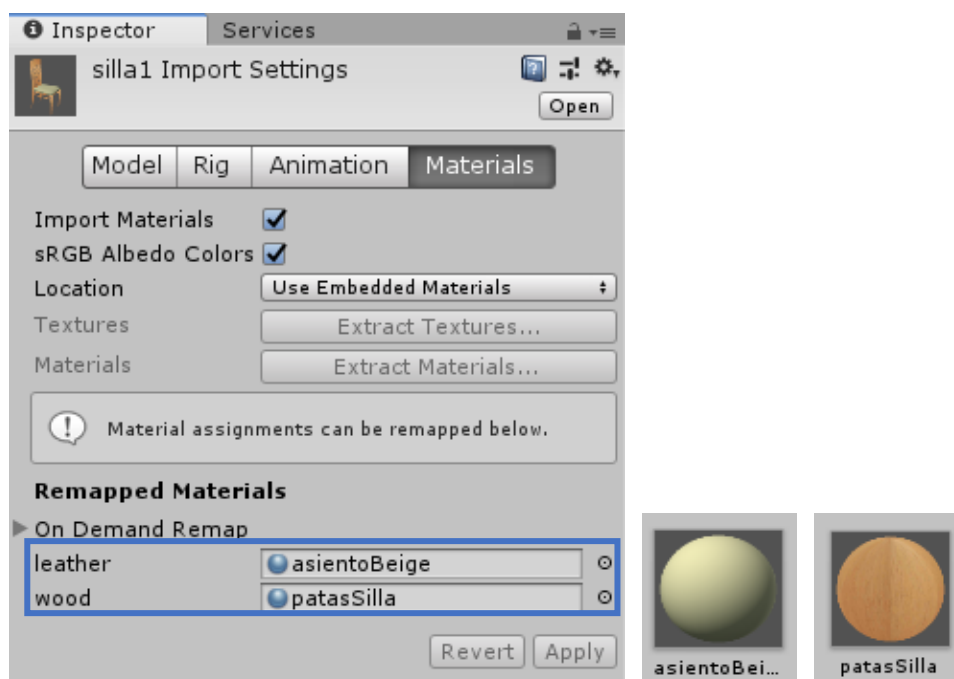


Fig 4. 14. Asignación de materiales para la silla beige

El proceso de asignación de los materiales se ha realizado sobre los modelos antes de convertirlos a Prefab.

4.4. Descripción de la interfaz

La implementación y el desarrollo de la aplicación en Unity se puede dividir en dos fases. Por una parte el diseño de la interfaz de usuario que se realiza de manera gráfica con el motor Unity haciendo uso de los elementos UI (User Interface en inglés) como botones, paneles, imágenes, texto, etc., y por otra las funcionalidades de cada escena que se realizan a través de los scripts o clases programados en lenguaje C# con la herramienta

MonoDevelop de Unity y que se adjuntan a los diferentes elementos de la jerarquía de la escena. En este apartado se definen de forma genérica los elementos UI utilizados. La parte de funcionalidades y programación en C# se detallará en el capítulo de implementación de la aplicación.

En primer lugar, todas las pantallas (conocidas como escenas en Unity), contienen un header de color azul sobre el que aparece el logo de 3Design en un tono verde botella que es el color que se ha utilizado para todos los botones de la aplicación. La escena inicial es la única que no contiene un header ya que es simplemente una pantalla de bienvenida en la que aparecen una imagen principal y el logo de la aplicación (ver Fig 5.1). En el resto de escenas sí se ha incluido el header que, además del logo, puede contener botones. En el menú principal se ha añadido también un sub-header en tono azul cielo que indica al usuario que escoja una de las opciones ofrecidas y que separa la pantalla principal mediante una línea del mismo color que el logo y los botones (ver Fig 5.2). Este sub-header no se ha añadido a las escenas restantes puesto que disminuiría el espacio de la pantalla fundamental para que el usuario interactúe, visualizando, moviendo y rotando los muebles.

El diseño que se ha seguido para la realización de la interfaz del resto del espacio de la pantalla (a lo que podemos referirnos como zona principal) varía dependiendo de la escena. En el caso del menú principal, es un fondo blanco en el que aparecen dos paneles grisáceos que contienen una breve definición de las actividades entre las que el usuario puede elegir (ver Fig 5.2). Este mismo patrón se ha seguido para el diseño del catálogo (ver Fig 5.5) donde se aprecia un fondo blanco sobre el que aparecen los distintos paneles en gris.

En general, la aplicación sigue correctamente los estándares de diseño de interfaces de usuario. Los textos aparecen en un tamaño adecuado y correctamente legible, se ha utilizado una gama de colores que armonizan y ofrecen sensación de tranquilidad. Además, los botones siguen un mismo patrón, color y tamaño tratando, además, de ser lo más intuitivos posible. La aplicación cuenta con múltiples botones debido a la cantidad de funcionalidades que ofrece por lo que, para evitar disminuir el espacio de la pantalla con la que el usuario va a interactuar, se ha optado por botones compuestos por iconos en lugar de botones con texto descriptivo que serían más grandes y ocuparían gran parte de la vista principal de la pantalla.

CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN

En este capítulo se describe la implementación realizada durante la creación de la aplicación definida en este Trabajo de Fin de Grado. Para ello se muestran los diferentes módulos o pantallas que aparecen durante la ejecución de la aplicación, así como las clases y métodos involucrados. En Unity cada módulo se conoce como “escena” por lo que se referirá a ellos con este nombre de ahora en adelante.

A parte del componente UI mencionado en el capítulo de diseño de la aplicación, existen algunos elementos en la jerarquía de la escena que son importantes para el correcto funcionamiento de la aplicación y que son las cámaras, que renderizan y muestran la aplicación (*Main Camera*) o el mundo real al usuario (*Wikitude Camera*). El *EventSystem* que administra las comunicaciones entre los elementos: conoce qué *GameObject* se ha seleccionado, lee y actualiza los inputs o textos de entrada, etc. Otros componentes como el *InstantTracker*, el *Ground* y el *Controller* se explicarán más adelante.

La aplicación 3Design está compuesta simplemente por cuatro escenas. Sin embargo, como se verá a continuación, las escenas AR-Catalogue y Plane-Catalogue están compuestas por multitud de paneles y, además, realizan varias funcionalidades lo que hace que sean escenas sumamente complejas.

A continuación, se muestran cada una de las escenas de la aplicación detallando en cada una de ella las funcionalidades que ofrece así como los métodos y clases involucrados.

5.1. InitialScene

Esta escena sirve como pantalla de inicio de la aplicación sobre la que el usuario debe pulsar para acceder al menú principal. Esta escena, por tanto, tiene únicamente adjunto el script o clase *MenuController* que se compone de los siguientes métodos:

- **Awake:** este método es llamado cuando se instala la aplicación por primera vez y pide permiso para acceder a la cámara del dispositivo.
- **Update:** es un método que contienen la mayoría de los scripts y que se va actualizando por cada frame realizando las acciones pertinentes según se indique en el código. En la clase *MenuController* este método contiene todas las condiciones para ir a la escena anterior cuando el usuario pulsa sobre el botón de ir hacia atrás del dispositivo. En el caso de que el usuario se encuentre en esta escena (la escena principal), entonces al pulsar este botón se cierra la aplicación.

- **OnSampleButtonClicked:** este método recibe por parámetro una escena y, cuando es llamado, abre dicha escena en la aplicación. En este caso, al pulsar sobre la pantalla, se abre el MainMenu (escena con el menú principal).
- **OnLink:** al ser llamado, este método abre el link correspondiente [90] en la aplicación para ofrecer al usuario información adicional sobre el objeto silla. No se utiliza en esta escena.



Fig 5. 1. Escena inicial de la aplicación

5.2. MainMenu

Esta escena sirve como menú principal de la aplicación ofreciendo al usuario la opción de elegir entre dos actividades que son la visualización de los muebles a través de la cámara mediante RA y la visualización en un plano en 3 dimensiones. Esta escena tiene únicamente adjunto el script o clase **MenuController** cuyos métodos se han explicado anteriormente.

Cuando el usuario pulsa el botón superior (visualización a través de la cámara) el método **OnSampleButtonClicked** recibe por parámetro la escena AR-Catalogue y la abre. Lo mismo ocurre con el botón de la segunda opción (visualización en un plano 3D) que llama a este mismo método pero, en este caso, abre la escena Plane-Catalogue cuando este es pulsado.



Fig 5. 2. Menú principal de la aplicación

5.3. AR - Catalogue

Se corresponde con la escena donde el usuario puede visualizar los objetos virtuales en una habitación o espacio real a través de la cámara gracias a las técnicas de realidad aumentada.

Para el correcto entendimiento de esta escena es necesario explicar, en primer lugar, los elementos del SDK de Wikitude que conforman la jerarquía de la escena junto con el UI (interfaz de usuario) y que hacen posible el funcionamiento de la realidad aumentada. Estos elementos son los siguientes:

- **WikitudeCamera:** habilita la cámara del dispositivo y requiere del código de la licencia de Wikitude adquirida para la realización del proyecto de manera que se pueda acceder correctamente a la cámara y sin marca de agua en este caso gracias a la Educational License.
- **InstantTracker y InstanTrackable:** componentes que llevan a cabo todo el tracking y monitorización de los objetos llamando a los métodos de la clase **InstantTrackingController** encargados de los errores y de la desactivación de los modelos activos en la escena cuando el dispositivo deja de reconocer el entorno captado por la cámara.

- **Ground:** plano transparente que simula el suelo y sobre el que se generan las sombras de los objetos. Para este proyecto las sombras se han deshabilitado.
- **Controller:** contenedor que sirve para adjuntar los múltiples scripts y clases utilizadas en esta escena.

Esta escena lleva a cabo todas las funciones de rotación, desplazamiento, captura de pantalla, etc., así como las técnicas de realidad aumentada necesarias para permitir la superposición de los modelos 3D sobre las imágenes reales captadas por la cámara del dispositivo en tiempo real. Todas las clases y scripts que utiliza esta escena están adjuntas en el componente Controller y se muestran en la siguiente tabla:

Script o clase	Métodos empleados
<i>MenuController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Update • OnLink
<i>InstantTrackingController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Start • Update • OnInitializeButtonClicked • OnOpenCataloguePanel • OnPressXXXXButton • OnBeginDrag • OnResetButtonClicked
<i>MoveController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Update • DeleteButton
<i>RotateController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Update
<i>ScreenShotController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • OnScreenShotButton
<i>ExportController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • GetPosition

Tabla 5. 1. Correspondencia entre clases y métodos de la escena AR-Catalogue

A continuación, se comentan todas las funcionalidades de esta escena junto con las clases y métodos implicados:

- Al arrancar la escena se abre el panel de información durante 4 segundos, lo cual es posible gracias al método **Start** de la clase ***InstantTrackingController*** que se llama siempre que se inicia la escena.

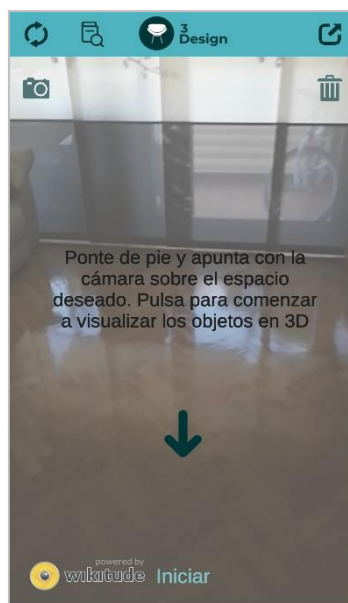


Fig 5. 3. Panel de información de la escena AR-Catalogue

- Cuando el panel de información desaparece el usuario puede ver el entorno real a través de la cámara. Cuando el usuario ha elegido el espacio sobre el que desea colocar los objetos, deberá pulsar el botón “Iniciar” para comenzar el tracking y visualización de los muebles. Este botón, cuando es pulsado, llama al método **OnInitializeButtonClicked** que establece la fase de tracking y activa el catálogo para que el usuario elija entre los diferentes objetos. También en esta parte es fundamental el método **Update** de la clase **InstantTrackingController** puesto que comprueba en cada frame el estado en el que se encuentra la actividad de RA. La primera fase es la de inicialización en la que se define, a través de la cámara, el espacio sobre el que se va a realizar el tracking (antes de pulsar el botón “Iniciar”, ver la imagen superior izquierda de la Fig 5.4). La segunda fase es la de tracking o seguimiento del entorno en la que se colocarán y se interactuará con los objetos (una vez pulsado el botón “Iniciar”, ver el resto de imágenes de la Fig 5.4). Este método colorea en cada frame la barra de actividad (pequeña línea en la parte inferior de la pantalla) en rojo si se ha dejado de reconocer el entorno o en verde si el reconocimiento es correcto. Cuando la barra de actividad está en rojo, los modelos virtuales que había en la escena desaparecen y no es posible realizar ninguna función.

En la Fig 5.4 se puede ver un ejemplo del funcionamiento de esta escena. En la primera imagen, superior izquierda, el usuario aún no ha pulsado el botón de “Iniciar”. En la segunda imagen, superior derecha, el usuario ha colocado un sillón en la habitación captada por la cámara y se ha ido acercando a él inclinando el dispositivo (imagen inferior izquierda). En ambos casos, la barra de actividad está

en verde. En la imagen inferior derecha el usuario ha inclinado tanto el dispositivo que el entorno ha dejado de ser reconocido y, por lo tanto, la barra de actividad se ha vuelto roja y el modelo virtual (el sillón azul en este ejemplo) ha desaparecido de la habitación.

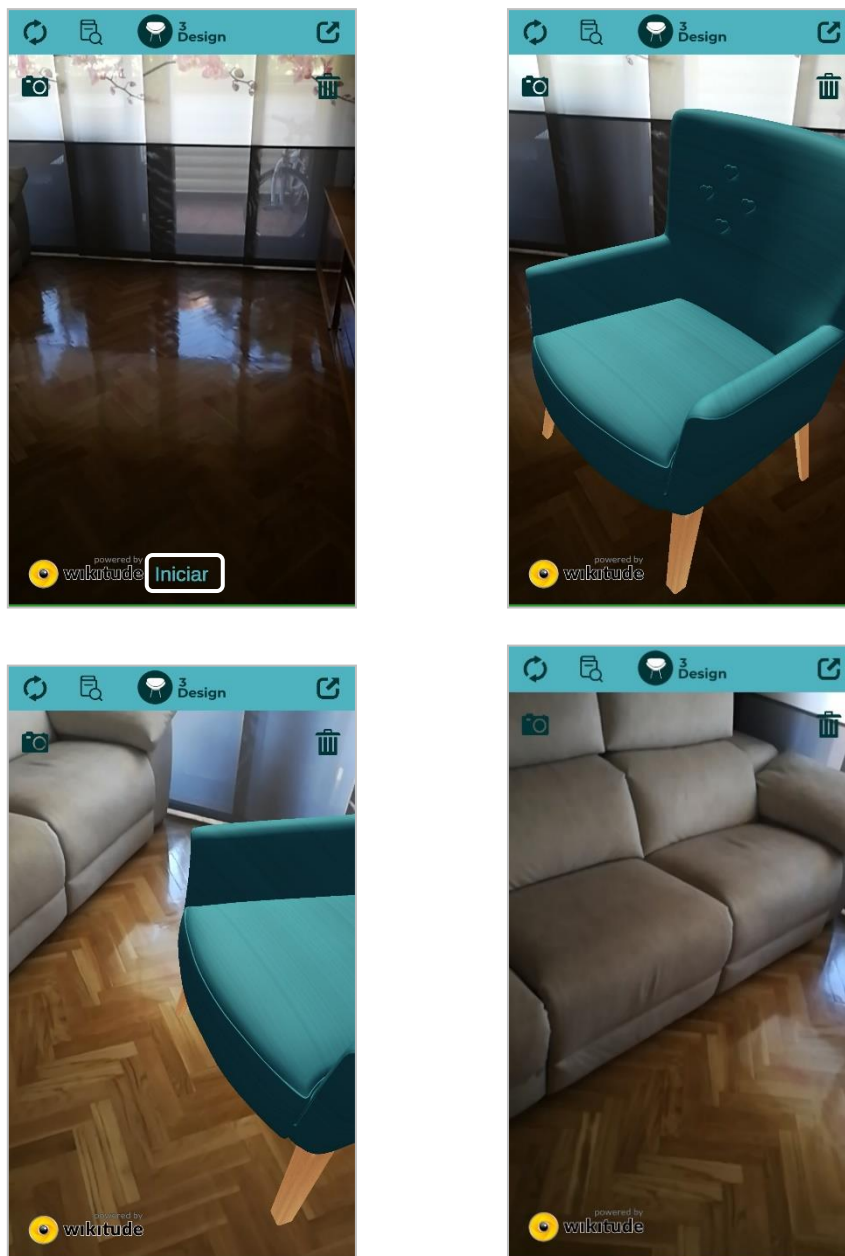


Fig 5. 4. Vistas del entorno real a través de la cámara en la escena AR-Catalogue

- Ya en la fase de tracking o seguimiento de los objetos el usuario debe, inicialmente, seleccionar alguno de los muebles disponibles en el catálogo. El catálogo es un panel que contiene sub-paneles de todos los objetos disponibles (ver Fig 5.5) y que, al pulsar sobre cualquiera de estos, abre el panel del mueble

correspondiente mostrando al usuario los diferentes tipos o diseños disponibles. Cuando alguno de estos sub-paneles es pulsado se llama al método **OnPressXXXXButton** que abre el panel correspondiente, por ejemplo si se pulsa el sub-panel de “Sillones” se abrirá el panel de los sillones (ver Fig 5.6). El “XXXX” de este método indica el nombre en inglés del objeto ya que hay un método para abrir cada uno diferentes paneles de los muebles disponibles (en el caso del ejemplo el método llamado sería **OnPressArmchairButton**).

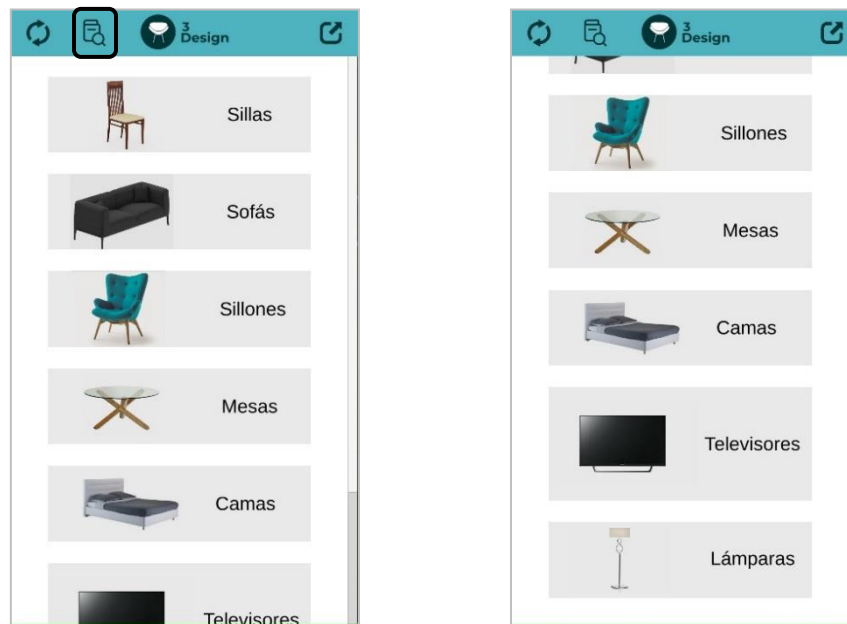
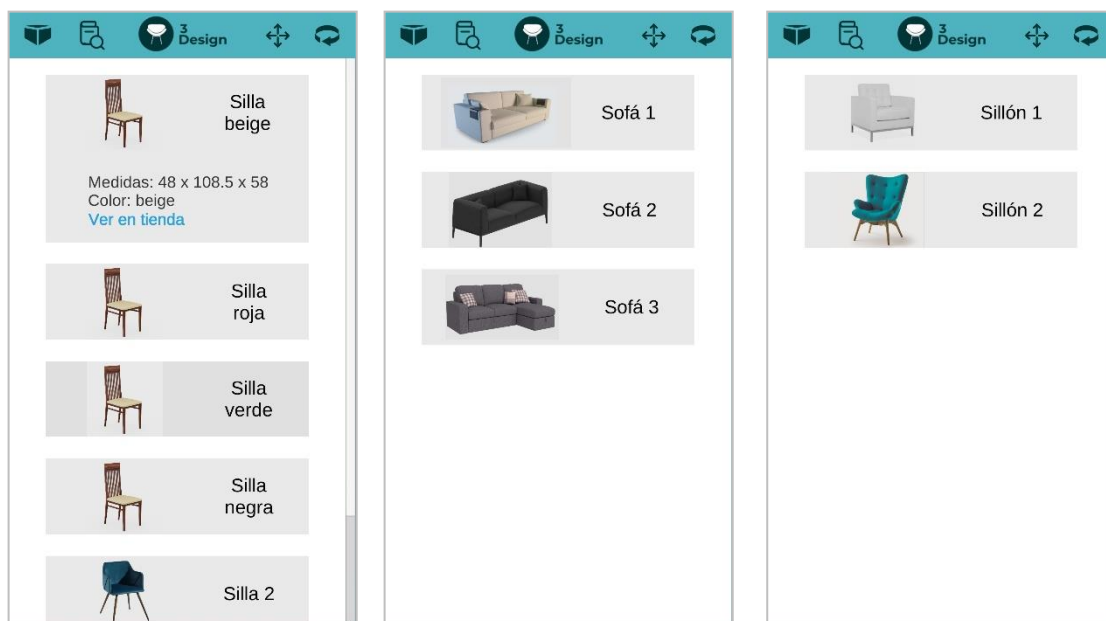


Fig 5. 5.Catálogo principal de la escena AR-Catalogue



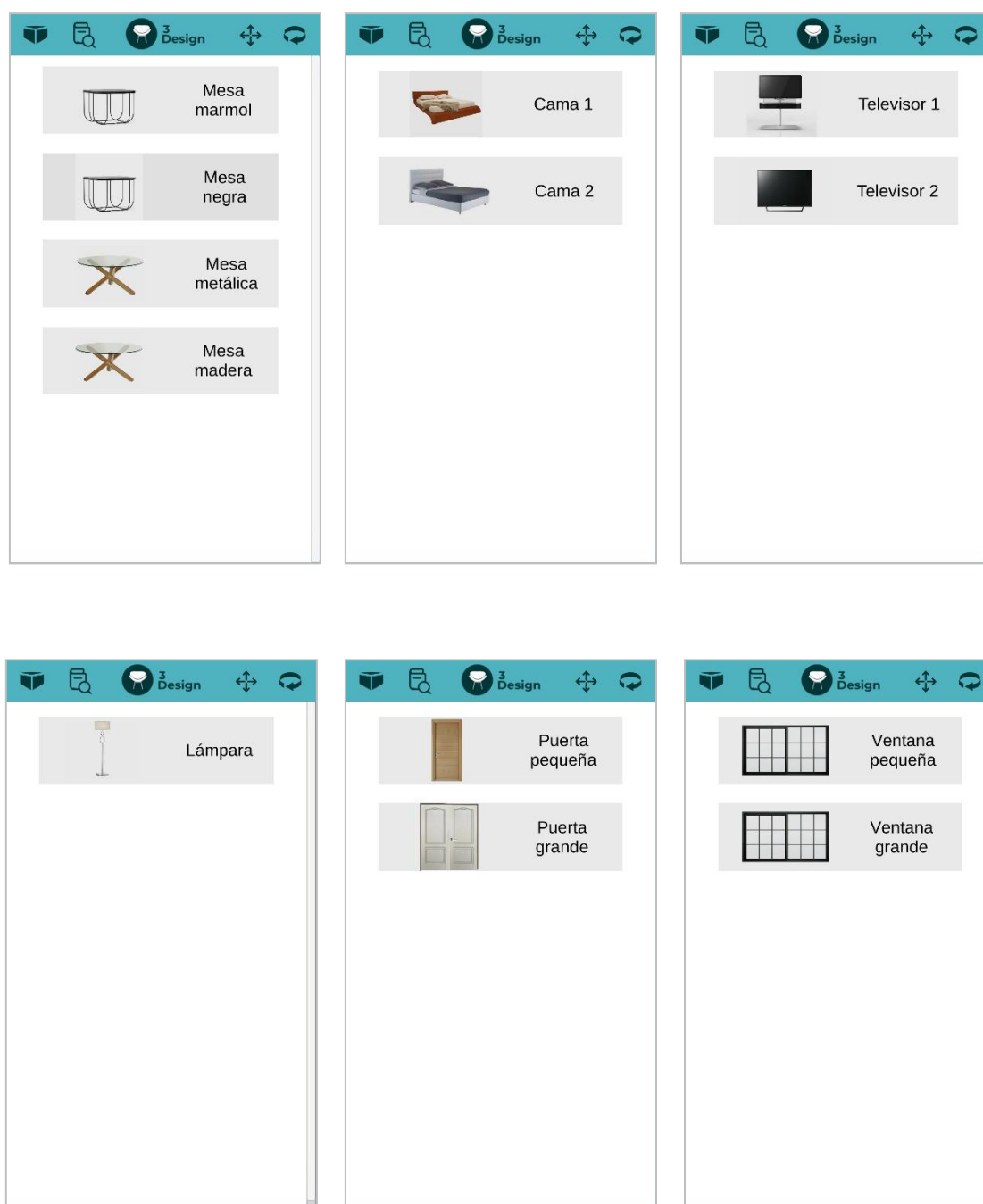


Fig 5. 6. Paneles de las diferentes secciones del catálogo

- Los paneles de cada tipo de mueble funcionan exactamente igual que el panel del catálogo principal ya que están también formados por sub-paneles donde se muestran cada uno de los objetos de esa categoría. Cuando uno de estos sub-paneles es pulsado se llama al método **OnBeginDrag** que recibe por parámetro un valor entero que se corresponde con la posición del objeto en cuestión dentro del array de objetos que contiene todos los modelos disponibles. Por ejemplo, si se pulsa sobre el sub-panel de “Sillón 2” (ver imagen superior derecha de la Fig 5.6), este método recibirá por parámetro el valor 13 puesto que el Prefab del sillón 2 es el último en el array y ocupa la posición 13. Este método comprueba que la fase actual es la de tracking y desactiva el catálogo creando una nueva instancia del Prefab del objeto seleccionado que se verá a través de la pantalla del dispositivo superpuesto sobre el espacio real captado por la cámara (ver Fig 5.7). Este método, además, establece la escala real del objeto, así como la posición y la rotación del mismo. Por defecto, el objeto se orienta hacia la cámara.



Fig 5. 7. Visualización de un sillón en RA en una habitación real

- Una vez situado el objeto en el espacio, el usuario puede colocar tantos como desee de entre los disponibles en el catálogo (ver Fig 5.8). Simplemente tendrá que pulsar los paneles y sub-paneles correspondientes en el catálogo y el método **OnBeginDrag** creará y posicionará sobre el espacio real nuevas instancias del Prefab del modelo elegido.



Fig 5. 8. Visualización de varios muebles en RA sobre una habitación real

- El usuario puede mover cualquier modelo activo en la escena pulsando sobre él con el dedo y arrastrándolo por la pantalla para alterar su posición. Esto se consigue a través del método **Update** del script **MoveController** que detecta en cada frame la pulsación del dedo sobre el objeto activo y lo desplaza por la pantalla.
- De la misma manera, el usuario puede rotar cualquier modelo activo en la escena pulsando sobre él con dos dedos y realizando un movimiento rotatorio. Esto se consigue a través del método **Update** del script **RotateController** que detecta en cada frame la pulsación de dos dedos sobre el objeto activo y altera su rotación en función del movimiento manual realizado por el usuario midiendo el ángulo entre las posiciones de las pulsaciones en la pantalla.

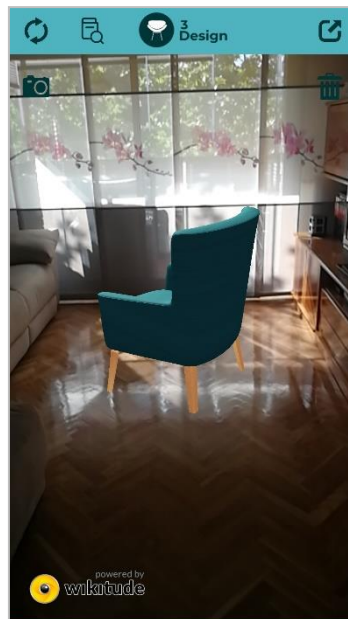


Fig 5. 9. Rotación y desplazamiento del sillón de la Fig 5. 7.

- El botón “Resetear” permite al usuario volver a la fase de inicialización y comenzar el tracking de nuevo, eliminando los modelos que había activos en la escena. Este botón llama al método **OnResetButtonClicked** que activa de nuevo la fase de inicialización.

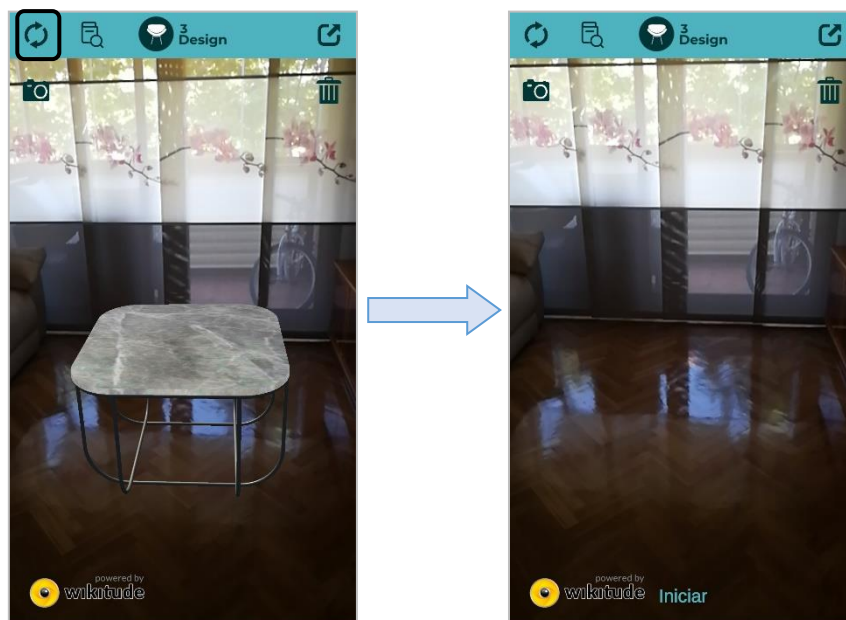


Fig 5. 10. Efecto de pulsar el botón de "Resetear"

- El botón “Catálogo” (ver Fig 5.5) permite al usuario abrir y cerrar el catálogo. Este botón llama al método **OnOpenCataloguePanel** que abre o cierra el catálogo en función de si está o no abierto.
- El botón “Exportar” permite exportar los objetos colocados en el espacio a un plano en 3 dimensiones con la misma posición y rotación. Este botón llama al método **GetPosition** del script ***ExportController*** que guarda en diferentes arrays los objetos activos, así como la posición y rotación de cada uno de ellos para poder trasladarlas correctamente a la escena Plane-Catalogue que contendrá el plano 3D con los objetos exportados.

La Fig 5.11 muestra un diagrama de flujo explicativo de la acción “Exportar”.

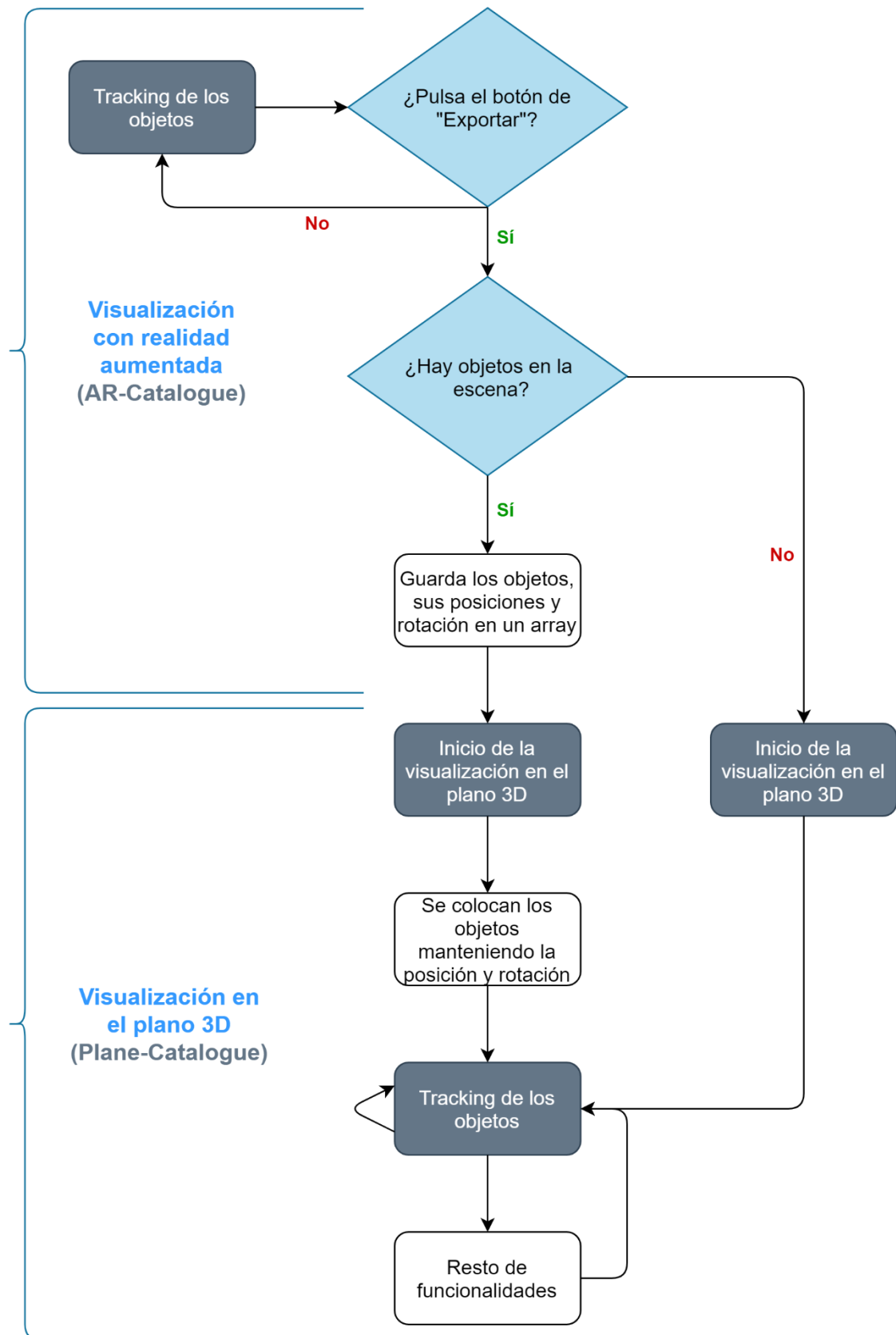


Fig 5. 11. Diagrama de flujo sobre el comportamiento de la acción de "Exportar"

Como se puede ver en el diagrama de flujo esta acción es bastante compleja ya que involucra ambas escenas: la escena AR-Catalogue en la que se guardan los objetos con su respectiva posición y rotación, y la escena Plane-Catalogue en la que estos objetos exportados son colocados sobre el plano con el que el usuario podrá interactuar colocando nuevos objetos y realizando otras funcionalidades como mover, eliminar y rotar los modelos. En el caso de que no haya objetos que exportar, entonces el plano se creará vacío. La escena Plane-Catalogue se comentará con mayor detalle más adelante.

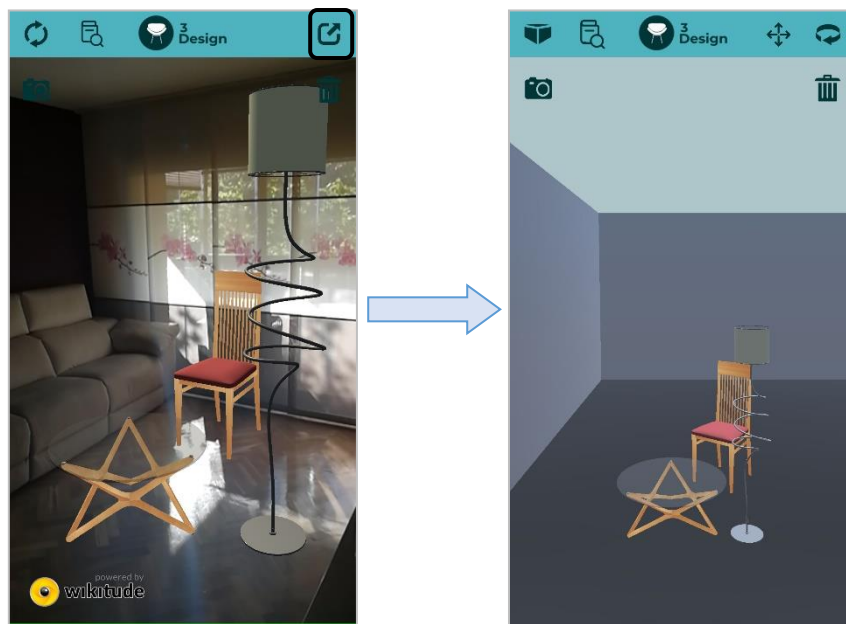


Fig 5. 12. Efecto de pulsar el botón "Exportar" con varios objetos activos en la escena AR-Catalogue

- El botón “Capturar pantalla” guarda la captura tomada en el dispositivo. Este botón llama al método **OnScreenShotButton** de la clase **ScreenShotController** que realiza la captura de pantalla y la guarda en la ruta del dispositivo que se muestra en pantalla.

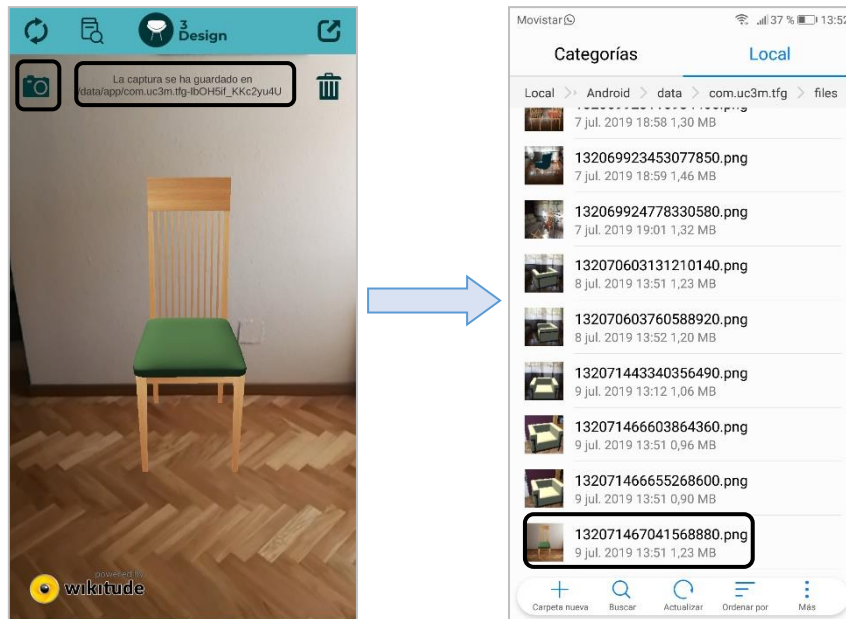


Fig 5. 13. Efecto de realizar la acción "Capturar pantalla"

- Por último, el botón “Eliminar objeto” permite al usuario eliminar cualquier modelo virtual que se encuentre activo en la escena simplemente pulsando este botón y, a continuación, seleccionando con el dedo el propio objeto. Este botón llama al método **DeleteButton** del script *MoveController* que elimina el objeto pulsado.

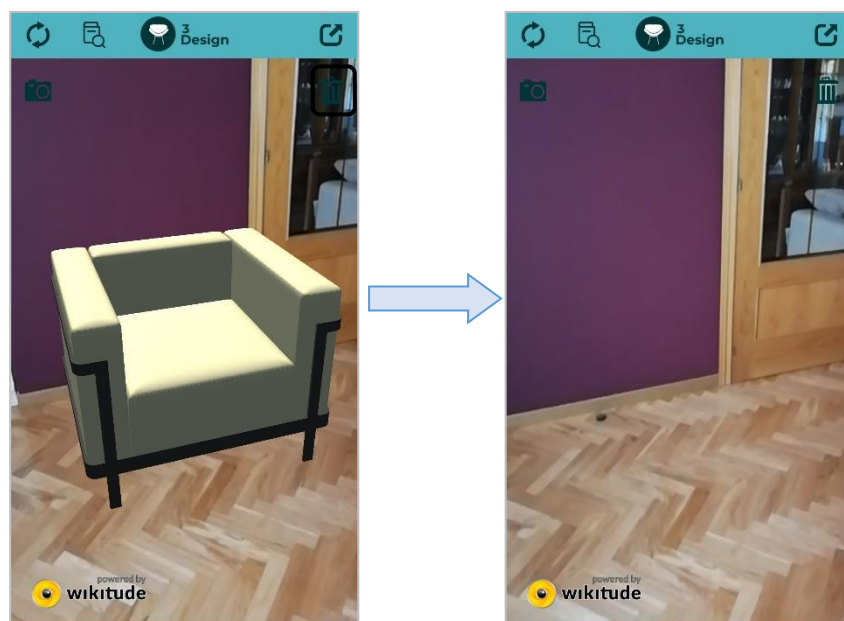


Fig 5. 14. Efecto de la acción de "Eliminar"

- En el caso de que el usuario pulse el botón de ir hacia atrás de su smartphone o pulse sobre el enlace “Ver en tienda”, entonces se realizará una llamada a los métodos **Update** y **OnLink** de la clase **MenuController** respectivamente.

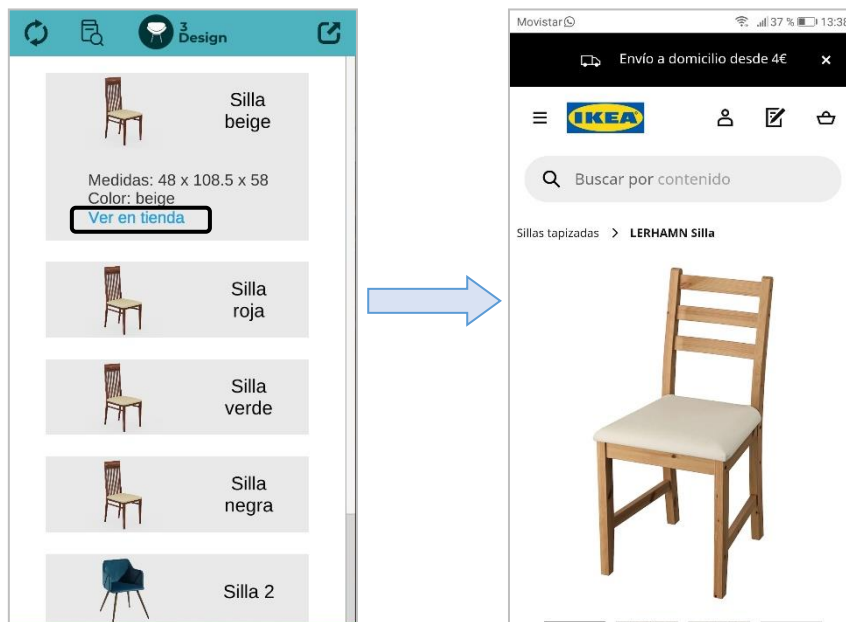


Fig 5. 15. Efecto de pulsar el botón de "Ver en tienda"

5.4. Plane - Catalogue

Se corresponde con la escena donde el usuario puede visualizar los objetos disponibles en un plano en 3 dimensiones por el que podrá moverse e interactuar con ellos.

A diferencia de la escena AR-Catalogue, esta no hace uso de las técnicas de realidad aumentada proporcionadas por el SDK de Wikitude por lo que la jerarquía de la escena está formada simplemente por la *MainCamera* (que muestra el plano 3D al usuario), los elementos UI que conforman la interfaz y un elemento llamado *PlaneCanvas* que contiene todos los *GameObject* que forman el plano tridimensional formado por cuatro paredes, un suelo y un foco de luz.

Esta escena lleva a cabo todas las funciones de rotación y desplazamiento de los objetos activos en la escena, así como del movimiento de la cámara (*MainCamera*), capturas de pantalla y eliminación de los modelos. La mayoría de las clases y scripts que utiliza esta escena están adjuntas en el componente UI de la jerarquía (en este caso no se utiliza el componente *Controller*) y se muestran en la siguiente tabla:

Script o clase	Métodos empleados
<i>MenuController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Update
<i>MainPlaneController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Start • Update • CreateLargePlane • CreateWidthPlane • OnPressCreateButton • OnPressCatalogueButton • OnPressXXXXButton • OnBeginDrag
<i>MovePlaneController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Update • DeleteButton
<i>RotatePlaneController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Update
<i>ColorChange</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Start • ChangeWallColor • ChangeFloorColor
<i>ScreenShotController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • OnScreenShotButton
<i>ExportController</i>	<ul style="list-style-type: none"> • OnExport

Tabla 5. 2. Correspondencia entre clases y métodos de la escena Plane-Catalogue

Hay un script adicional en esta escena que se encuentra adjunto al componente *MainCamera* ya que se encarga de su movimiento y rotación y es el que se muestra en la siguiente tabla:

Script o clase	Métodos empleados
<i>CameraScript</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Start • Update • CounterCamera • MoveCamera • RotateCamera • Up-interior-view

Tabla 5. 3. Métodos de la clase *CameraScript*

A continuación, se comentan todas las funcionalidades de esta escena junto con las clases y métodos implicados:

- Al arrancar la escena se abre el panel de entrada donde el usuario debe introducir el largo y el ancho (en metros) de la habitación que desea simular. Esto es posible gracias al método **Start** de la clase *MainPlaneController* que se llama siempre que se inicia la escena y que desactiva el botón “Comenzar” hasta que ambos campos estén rellenos. Cuando el usuario pulsa este botón, se realiza la llamada

al método **OnPressCreateButton** que cierra el panel de entrada y muestra el plano con las dimensiones indicadas (ver Fig 5.16). Los métodos **CreateLargePlane** y **CreateWidthPlane** se encargan de modificar las dimensiones de las paredes (largo y ancho) y el suelo del plano para que coincidan con las introducidas por el usuario a partir del valor de entrada escrito en cada uno de los campos. El método **Update** actualiza en cada frame el valor de rotación de la cámara necesaria para el correcto posicionamiento de los modelos en el plano, lo cual se verá más adelante.

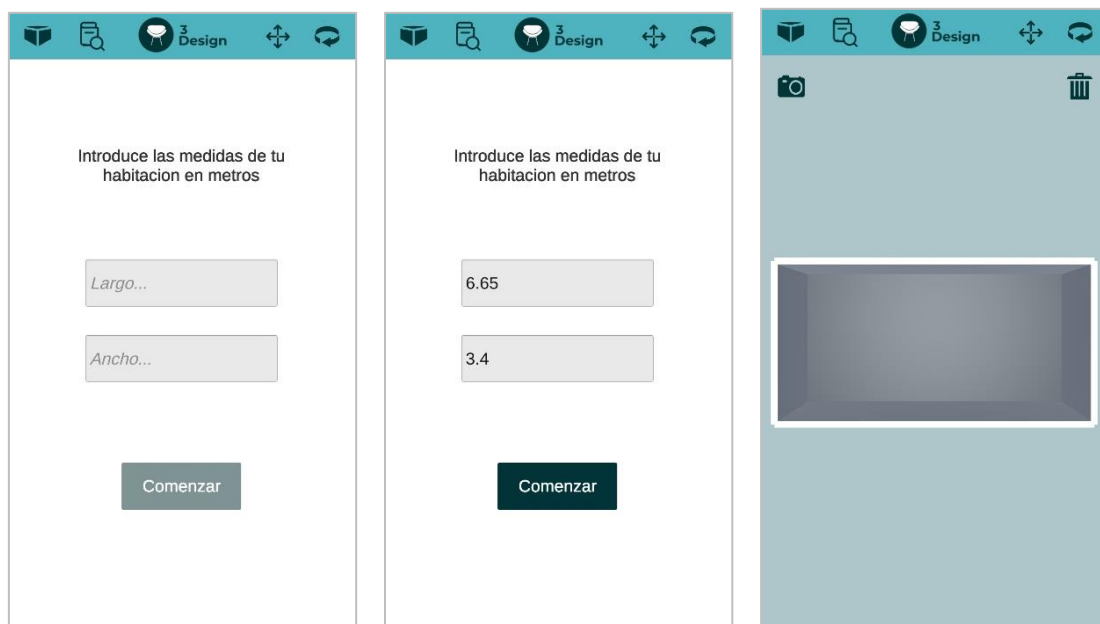


Fig 5. 16. Creación del plano con las medidas introducidas en la escena Plane-Catalogue

- El usuario ya puede ver el plano creado con las dimensiones indicadas y puede realizar multitud de funciones. Una de ellas es la de abrir el catálogo para comenzar a visualizar los muebles. Para ello debe pulsar el botón “Catálogo” que llama a la función **OnPressCatalogueButton** que se encarga de abrir o cerrar el catálogo en función de si estaba o no abierto. El catálogo se gestiona de la misma manera que se ha explicado anteriormente en la escena AR-Catalogue haciendo uso de los métodos **OnPressXXXXButton** que abren los paneles correspondientes. La única diferencia es que hay nuevos objetos como puertas y ventanas, así como la posibilidad de cambiar el material y color de las paredes y el suelo pero que, en este caso, no alteran el funcionamiento del catálogo explicado anteriormente.

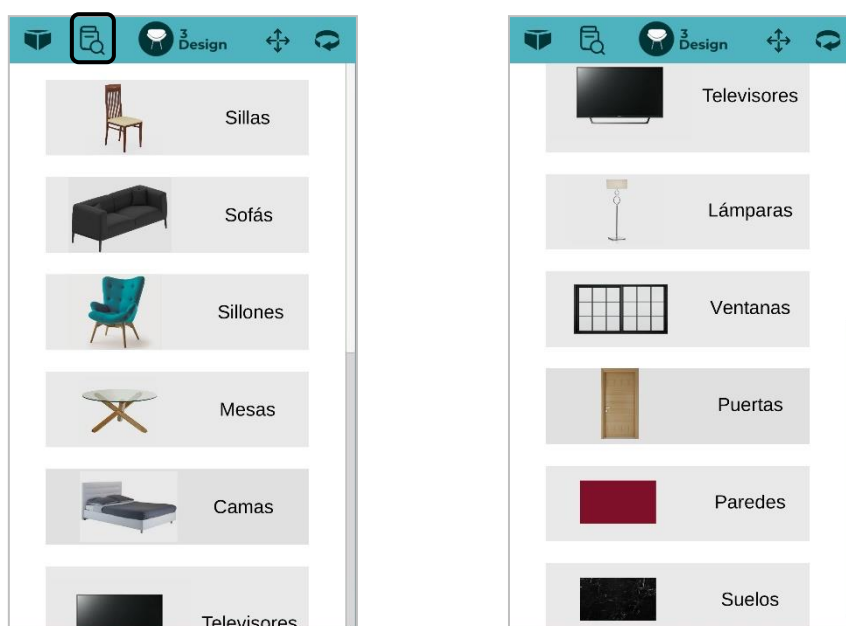


Fig 5. 17. Catálogo principal de la escena Plane-Catalogue

- Cuando uno de los sub-paneles del catálogo es pulsado se llama al método **OnBeginDrag** que recibe por parámetro un valor entero que se corresponde con la posición del objeto en cuestión dentro del array de objetos que contiene todos los modelos disponibles. Este método es exactamente igual que el de la escena anterior. La única diferencia es, que en este caso, la escala y rotación de los muebles es diferente. En cuanto a la rotación del modelo, esta depende del ángulo de rotación de la cámara en ese momento (actualizado en cada frame por el método **Update**), así como del tipo de vista que esté activa en ese momento (vista superior o interior). Esto se ha implementado así para obtener un mayor realismo a la hora de visualizar la habitación o espacio simulados.

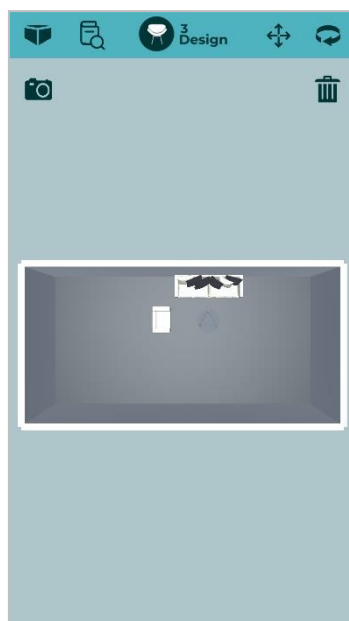


Fig 5. 18. Vista superior del plano con varios muebles

- El usuario puede mover cualquier modelo activo en la escena pulsando sobre él con el dedo y arrastrándolo por la pantalla para alterar su posición. Esto se consigue a través del método **Update** del script ***MovePlaneController*** que realiza la misma función que la clase ***MoveController*** de la escena explicada en el apartado anterior. La diferencia, en este caso, es que se han establecido unos límites máximos y mínimos en los ejes x, y, z de manera que los objetos, al ser desplazados, se mantengan siempre dentro de los límites del plano.
- De la misma manera, el usuario puede rotar cualquier modelo activo en la escena pulsando sobre él con dos dedos y realizando un movimiento rotatorio. Esto se consigue a través del método **Update** del script ***RotatePlaneController*** que realiza la misma función que la clase ***RotateController*** de la escena AR-Catalogue.

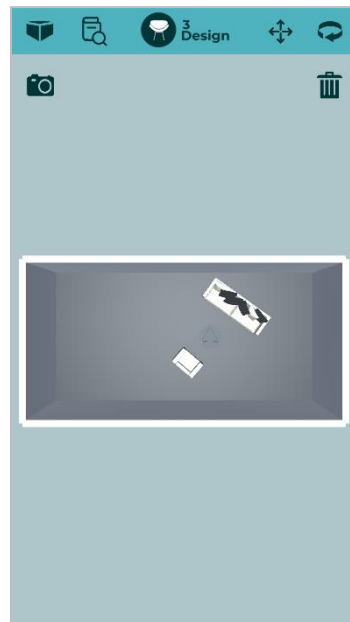


Fig 5. 19. Vista superior del plano con varios muebles rotados y desplazados

- Existen varios botones encargados del movimiento y rotación de la cámara principal (*MainCamera*) a partir de la cual se puede ver el plano. Estos botones son “Cambiar vista”, “Habilitar movimiento” y “Rotar cámara”. El primero permite al usuario ver el plano desde la vista superior (habilitada por defecto en el método **Start** de la clase *CameraScript*) o desde la vista interior para ver el plano o habitación desde dentro. Cuando este botón es pulsado, se realiza la llamada al método **Up-interior-view** que activa la vista interior si la actual es la superior y viceversa modificando la posición y los ángulos de rotación de la cámara. La aplicación, además, está preparada para el giro automático con el fin de que el usuario pueda ver la pantalla en horizontal para una mayor comodidad y precisión.



Fig 5. 20. Vista interior del plano con los muebles de la Fig 5. 18

- El botón “Habilitar movimiento” permite al usuario mover la cámara hacia delante, hacia atrás y hacia los lados tanto desde el interior del plano como desde la vista superior. Este botón llama al método **CounterCamera** que simplemente activa o desactiva el movimiento en función de si estaba o no activado. El método **Update** de este mismo script es el que comprueba en cada frame si el movimiento está activado y, en ese caso, realiza la llamada al método **MoveCamera** por cada frame para realizar el movimiento de la cámara a partir del desplazamiento del dedo del usuario por la pantalla. También en este método se ha añadido una funcionalidad extra que es la de desactivar la pared contraria a la que apunta la cámara. Esto sirve para que el usuario pueda moverse hacia atrás con la cámara para poder tener una vista más amplia del espacio sin que la pared contraria se lo impida (ver Fig 5.28). Cuando se cambia la rotación o vista de la cámara la pared desactivada se vuelve a activar.
- El botón “Rotar cámara” permite al usuario cambiar la rotación de la cámara. Cada vez que se pulsa este botón se realiza la llamada al método **RotateCamera** que aumenta en 90 grados el eje y para ir cambiando el ángulo de la cámara.



Fig 5. 21. Cámara rotada y desplazada por la vista interior del plano

- Como se ha comentado anteriormente, en esta escena, existe la funcionalidad adicional de cambiar el material de las paredes y el suelo del plano simulado. Esto es llevado a cabo por el script **ColorChange** que utiliza el método **Start** para establecer los colores de las paredes y el suelo por defecto. Cuando el usuario pulsa cualquiera de los sub-paneles de la categoría “Paredes” del catálogo, entonces se realiza la llamada al método **ChangeWallColor** que recibe por parámetro el color correspondiente (que es el mismo que el que se muestra en la imagen del sub-panel) y lo aplica a las cuatro paredes.

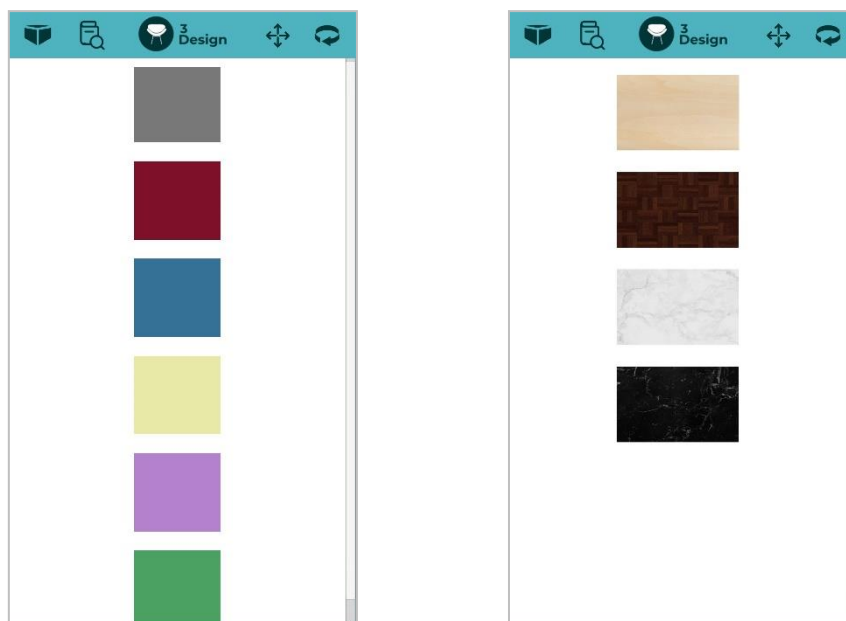


Fig 5. 22. Paneles de las secciones "Paredes" y "Suelos" del catálogo

- Exactamente lo mismo ocurre cuando el usuario pulsa alguno de los sub-paneles de la categoría “Suelos” del catálogo. En este caso el método llamado es **ChangeFloorColor** que cambia el material del suelo según el elegido por el usuario.



Fig 5. 23. Vista interior del plano tras cambiar el color de las paredes y el material del suelo

- En cuanto a los botones “Capturar pantalla” y “Eliminar objeto”, estos se llevan a cabo de la misma manera que en la escena comentada anteriormente haciendo uso de los métodos **OnScreenShotButton** y **DeleteButton** respectivamente.

- Un aspecto muy importante a tener en cuenta es que esta escena puede ser elegida por el usuario directamente cuando este pulsa la opción de visualizar los productos en un plano 3D en el menú principal o puede accederse a la misma a través de la escena AR-Catalogue cuando el usuario pulsa el botón “Exportar” (ver Fig 5.12). En el primer caso, al introducir las dimensiones, el plano se crea y está vacío (no hay muebles), mientras que en el segundo caso el plano se crea y, sobre él, aparecen los objetos que había en la escena AR-Catalogue y que se han exportado. A partir de aquí, el usuario puede realizar exactamente las mismas funcionalidades comentadas a lo largo de este apartado independientemente de que el plano estuviera o no vacío inicialmente. En el caso de haber pulsado el botón “Exportar” y una vez introducidas las dimensiones de largo y ancho, el botón “Comenzar” llama al método **OnExport** que coloca sobre el plano cada uno de los objetos almacenados en el array junto con su respectiva posición y rotación. En caso de que en la escena AR-Catalogue no hubiera ningún objeto, entonces al pulsar el botón “Exportar”, el plano se creará vacío.
- En el caso de que el usuario pulse el botón de ir hacia atrás de su smartphone o pulse sobre el enlace “Ver en tienda”, entonces se realizará una llamada a los métodos **Update** y **OnLink** de la clase *MenuController* respectivamente como se ha comentado en la escena AR-Catalogue.

A continuación, se muestran dos ejemplos de habitaciones amuebladas creadas con la aplicación 3Design en la opción de visualizar los productos en un plano 3D. Se muestran estos ejemplos también desde diferentes vistas y ángulos de la cámara.

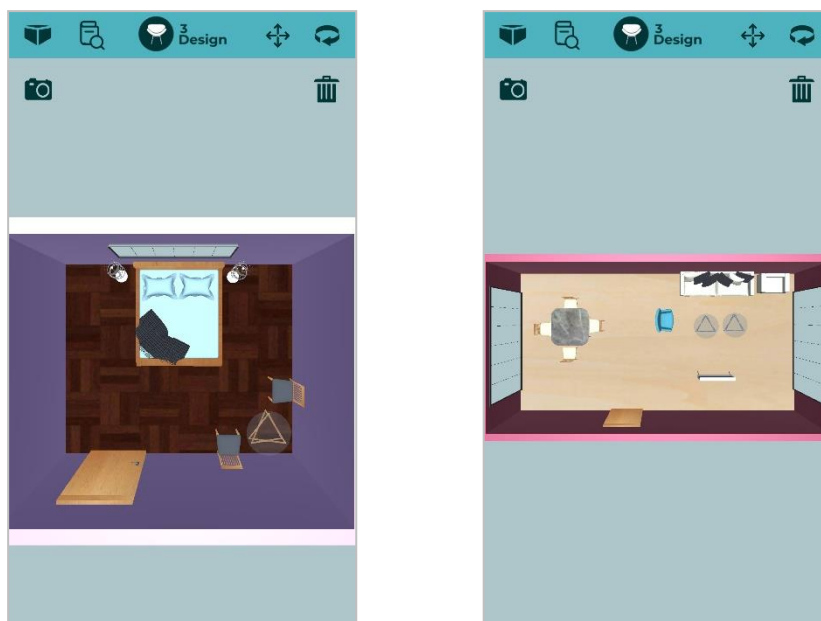


Fig 5. 24. Vista superior de una habitación y un salón simulados en 3D con 3Design

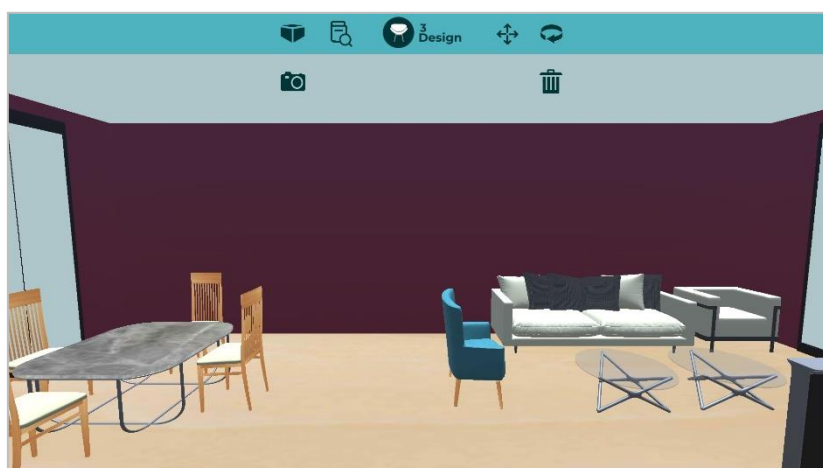


Fig 5. 25. Vista interior de un salón simulado con 3Design

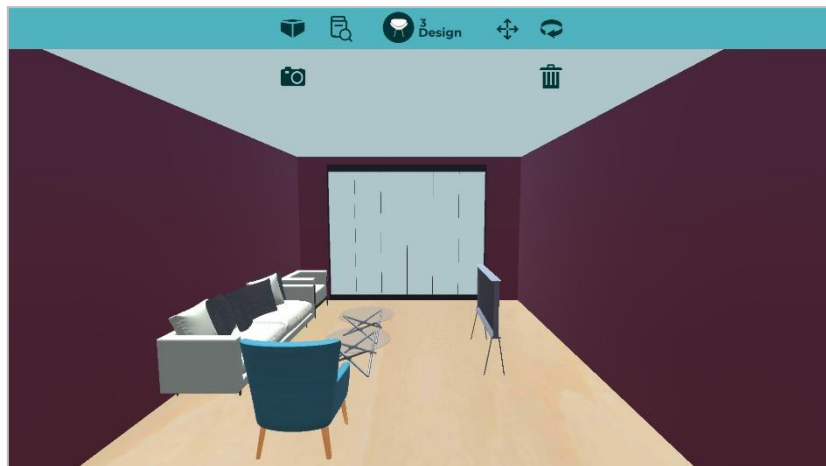


Fig 5. 26. Vista interior rotada 90 grados y desplazada de un salón simulado con 3Design

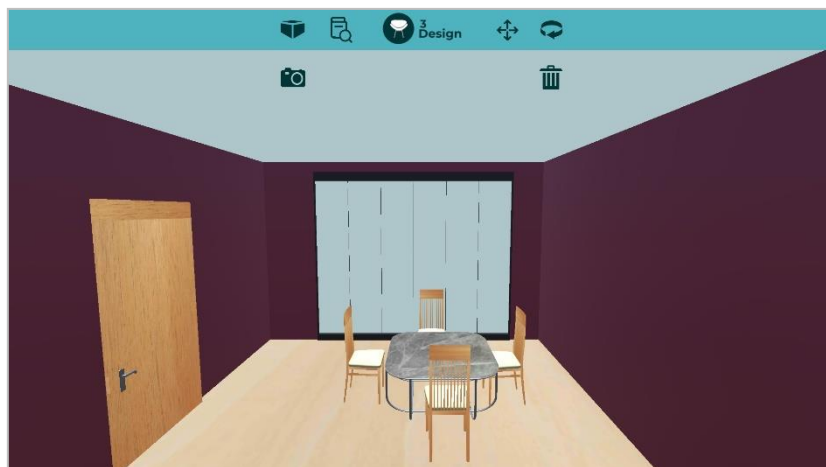


Fig 5. 27. Vista interior rotada 270 grados y desplazada de un salón simulado con 3Design

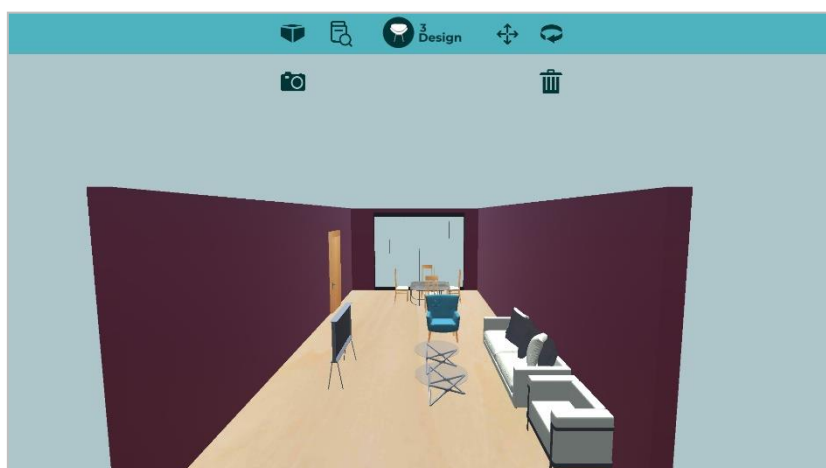


Fig 5. 28. Vista interior con pared eliminada para una mejor visualización

CAPÍTULO 6 - EVALUACIÓN

En este capítulo se describen tanto las pruebas unitarias que comprueban el correcto funcionamiento de la aplicación como una evaluación detallada para conocer el impacto y potencial del proyecto en función de las respuestas obtenidas de los encuestados.

6.1. Pruebas unitarias

Las pruebas unitarias tienen como finalidad validar el correcto funcionamiento de la aplicación, evitando así que se produzcan errores durante la ejecución.

La plantilla con la que se van a definir cada una de las pruebas unitarias realizadas es la siguiente:

Identificador: identifica cada prueba unitaria y sigue el formato PU - XX donde XX es un número del 00 al 99	
Descripción	
La descripción de la prueba	
Recurso	
El requisito que se comprueba	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El resultado que se espera obtener tras realizar la prueba	El resultado real obtenido tras realizar la prueba
Conclusión	
La conclusión obtenida tras realizar la prueba y si se ha realizado o no con éxito.	

Tabla 6. 1. Plantilla de pruebas unitarias

A continuación, se detallan las pruebas unitarias realizadas.

PU - 01	
Descripción	
Se comprueba el acceso a la opción de visualizar los productos a través de la cámara cuando se pulsa el botón correspondiente	
Recurso	
RF - 01	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Acceso exitoso	Acceso exitoso
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 2. Prueba unitaria PU-01

PU - 02	
Descripción	
Se comprueba el acceso a la opción de visualizar los productos en un plano 3D cuando se pulsa el botón correspondiente	
Recurso	
RF - 02	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Acceso exitoso	Acceso exitoso
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 3. Prueba unitaria PU-02

PU - 03	
Descripción	
Se comprueba que el plano se ha creado con las dimensiones indicadas por el usuario y que el botón de “Comenzar” no está activo hasta que los campos de largo y ancho se hayan rellenado con el formato adecuado	
Recurso	
RF - 02	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Comprobación exitosa	Comprobación exitosa
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 4. Prueba unitaria PU-03

PU - 04	
Descripción	
Se comprueba el acceso a la cámara del dispositivo cuando se pulsa el botón de acceso a la opción de visualizar los productos a través de la cámara y se han concedido los permisos de acceso	
Recurso	
RF - 03	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Acceso exitoso	Acceso exitoso
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 5. Prueba unitaria PU-04

PU - 05	
Descripción	
Se comprueba la apertura/cierre del catálogo cuando se pulsa el botón “Catálogo” en cualquiera de las dos opciones de visualización	
Recurso	
RF - 04	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El catálogo se abre si estaba cerrado y se cierra si estaba abierto	El catálogo se abre si estaba cerrado y se cierra si estaba abierto
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 6. Prueba unitaria PU-05

PU - 06	
Descripción	
Se comprueba que, al seleccionar un mueble de entre los disponibles en el catálogo, aparece el modelo tridimensional correspondiente en la pantalla sobreponiéndose al entorno real captado por la cámara o sobre el plano, en función de la escena en la que se encuentre el usuario	
Recurso	
RF - 05	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El mueble seleccionado aparece en la pantalla en 3 dimensiones	El mueble seleccionado aparece en la pantalla en 3 dimensiones
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 7. Prueba unitaria PU-06

PU - 07	
Descripción	
Se comprueba el movimiento del modelo activo cuando se pulsa sobre él con un dedo que se desplaza por la pantalla (en cualquiera de las dos opciones de visualización)	
Recurso	
RF - 06	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El modelo cambia de posición siguiendo el desplazamiento del dedo	El modelo cambia de posición siguiendo el desplazamiento del dedo
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 8. Prueba unitaria PU-07

PU - 08	
Descripción	
Se comprueba la rotación del modelo activo cuando se pulsa sobre él con dos dedos y, al menos uno de ellos, se mueve por la pantalla haciendo el efecto de la rotación (en cualquiera de las dos opciones de visualización)	
Recurso	
RF - 07	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El modelo rota siguiendo el desplazamiento del dedo en movimiento	El modelo rota siguiendo el desplazamiento del dedo en movimiento
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 9. Prueba unitaria PU-08

PU - 09	
Descripción	
Se comprueba la eliminación del modelo activo seleccionado cuando se pulsa sobre él tras haber pulsado el botón “Eliminar” (en cualquiera de las dos opciones de visualización)	
Recurso	
RF - 08	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El modelo seleccionado desaparece de la pantalla	El modelo seleccionado desaparece de la pantalla
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 10. Prueba unitaria PU-09

PU - 10	
Descripción	
Se comprueba que se realiza la captura de pantalla cuando se pulsa el botón “Capturar pantalla” y que se guarda en la ruta indicada en la pantalla (en cualquiera de las dos opciones de visualización)	
Recurso	
RF - 09	
Resultado esperado	Resultado obtenido
La captura de pantalla se ha realizado correctamente y está en la ruta indicada	La captura de pantalla se ha realizado correctamente y está en la ruta indicada
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 11. Prueba unitaria PU-10

PU - 11	
Descripción	
Se comprueba que se exportan los modelos activos de la escena de visualización en RA a la escena de visualización en el plano cuando se pulsa el botón “Exportar” en la primera escena. Además la posición y rotación de los mismos debe mantenerse	
Recurso	
RF - 10	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Se abre la escena de visualización en el plano con los modelos activos que se han exportado correctamente manteniendo posición y orientación	Se abre la escena de visualización en el plano con los modelos activos que se han exportado correctamente manteniendo la orientación. La posición relativa de unos modelos con otros también se mantiene. Sin embargo, las posiciones relativas con las paredes de la habitación no
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito excepto por las posiciones relativas con las paredes que no están completamente logradas	

Tabla 6. 12. Prueba unitaria PU-11

PU - 12	
Descripción	
Se comprueba que se abre la escena de visualización en el plano con el plano vacío cuando se pulsa el botón “Exportar” en la escena de visualización en RA y no había ningún modelo activo.	
Recurso	
RF - 10	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Se abre la escena de visualización en el plano y no hay ningún modelo	Se abre la escena de visualización en el plano y no hay ningún modelo
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 13. Prueba unitaria PU-12

PU - 13	
Descripción	
Se comprueba que el sistema vuelve al estado de inicialización del tracking y que todos los modelos activos han desaparecido cuando se pulsa el botón “Resetear” en la escena de visualización en RA.	
Recurso	
RF - 11	
Resultado esperado	Resultado obtenido
El sistema vuelve al estado de inicialización y los modelos han desaparecido	El sistema vuelve al estado de inicialización y los modelos han desaparecido
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 14. Prueba unitaria PU-13

PU - 14	
Descripción	
Se comprueba que se cambia la vista de la cámara cuando se pulsa el botón “Cambiar vista” en la escena de visualización en el plano.	
Recurso	
RF - 12	
Resultado esperado	Resultado obtenido
Se activa la vista interior si estaba la vista superior y se activa la vista superior si estaba la vista interior	Se activa la vista interior si estaba la vista superior y se activa la vista superior si estaba la vista interior
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 15. Prueba unitaria PU-14

PU - 15	
Descripción	
Se comprueba que la cámara se mueve hacia delante, hacia atrás y hacia los lados cuando se pulsa el botón “Habilitar movimiento” en la escena de visualización en el plano (independientemente de que esté activada la vista superior o la interior).	
Recurso	
RF - 13	
Resultado esperado	Resultado obtenido
La cámara se mueve siguiendo el desplazamiento del dedo por la pantalla	La cámara se mueve siguiendo el desplazamiento del dedo por la pantalla
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 16. Prueba unitaria PU-15

PU - 16	
Descripción	
Se comprueba que la cámara rota 90 grados en el eje y cuando se pulsa el botón “Rotar cámara” en la escena de visualización en el plano (independientemente de que esté activada la vista superior o la interior).	
Recurso	
RF - 14	
Resultado esperado	Resultado obtenido
La cámara rota 90 grados en el eje y	La cámara rota 90 grados en el eje y
Conclusión	
La prueba se ha superado con éxito	

Tabla 6. 17. Prueba unitaria PU-16

6.2. Evaluación de la aplicación

En este apartado se va a evaluar el funcionamiento de la aplicación Android desarrollada en este proyecto. Para ello se ha elaborado un cuestionario al que se han sometido varias personas tras probar la aplicación en un dispositivo móvil.

6.2.1. Metodología de la evaluación

Como se ha comentado, para este apartado, se ha elaborado un cuestionario con el que se han obtenido un total de 17 respuestas de usuarios que han utilizado la aplicación 3Design. Entre los encuestados se encuentran 10 mujeres y 7 hombres entre 17 y 54 años. Con esta evaluación se pretende conocer la opinión de los encuestados en cuanto a la facilidad de uso, las funcionalidades ofrecidas y la utilidad de esta aplicación en el ámbito de la decoración. Las preguntas se contestarán con un número del 1 al 5, siendo 1 el peor de los casos y 5 el más favorable. Algunas cuestiones se responderán con *Sí* o *No* y otras serán de respuesta abierta.

Excepto que se indique lo contrario, las preguntas se contestarán con un número del 1 al 5, donde cada número se corresponde con la respuesta indicada a continuación:

- 1: para nada
- 2: no mucho
- 3: más o menos
- 4: bastante
- 5: mucho

El cuestionario consta de las siguientes preguntas:

1) ¿Cómo calificaría su dominio de las nuevas tecnologías?

Esta pregunta pretende conocer el nivel de experiencia que tiene el usuario de las nuevas tecnologías. La respuestas van del 1 al 5.

2) ¿Suele realizar compras a través de su smartphone?

Esta pregunta pretende conocer si el usuario suele o no realizar compras desde su dispositivo. La respuestas van del 1 al 5.

3) ¿Estaría dispuesto a descargar la aplicación si fuese gratuita?

Esta cuestión pretende conocer la disposición del encuestado a descargar la aplicación en caso de ser gratuita. La respuesta será *Sí* o *No*.

4) ¿Y si fuese de pago (no más de 5 euros)?

Esta cuestión pretende conocer la disposición del encuestado a descargar la aplicación en caso de ser de pago. La respuesta será *Sí* o *No*.

5) ¿Le ha resultado fácil e intuitivo el manejo de la aplicación?

Esta cuestión pretende conocer la opinión del encuestado acerca de la utilización de la aplicación (si es intuitiva, fácil de manejar, etc.). Las respuestas van del 1 al 5.

6) ¿Considera útil la aplicación?

Esta cuestión pretende conocer la opinión del encuestado acerca de la utilidad de la aplicación. Las respuestas van del 1 al 5.

7) ¿Considera que los resultados y funcionalidades que ofrece la aplicación son realistas?

Esta cuestión pretende evaluar el realismo y las funciones que ofrece la aplicación. Las respuestas van del 1 al 5.

8) ¿Le parece útil que haya dos opciones de visualización de los muebles?

Esta cuestión pretende evaluar la utilidad de las funcionalidades de la aplicación, en particular la de que existan dos tipos de visualización de muebles. Las respuestas van del 1 al 5.

9) ¿Le parece útil que se puedan mover y rotar los muebles?

Esta cuestión pretende evaluar la utilidad de las funcionalidades de la aplicación, en particular la de que se puedan mover y rotar los muebles. Las respuestas van del 1 al 5.

10) ¿Y que se pueda mover, rotar y cambiar las vistas de la cámara en la escena del plano?

Esta cuestión pretende evaluar la utilidad de las funcionalidades de la aplicación, en particular, la de que se pueda mover, rotar y cambiar la vista de la cámara en la escena del plano. Las respuestas van del 1 al 5.

11) ¿Le parece útil la opción de exportar los muebles de una escena a otra?

Esta cuestión pretende evaluar la utilidad de las funcionalidades de la aplicación, en particular, la de exportar los muebles de una escena a otra. Las respuestas van del 1 al 5.

12) ¿Recomendaría la aplicación a algún conocido?

Esta cuestión pretende evaluar la satisfacción general del usuario. La respuesta será *Sí* o *No*.

13) ¿Cuál consideras que es el punto fuerte de la aplicación?

Se trata de una pregunta de respuesta abierta para conocer la opinión del usuario.

14) ¿Y el punto débil?

Se trata de una pregunta de respuesta abierta para conocer la opinión del usuario.

15) Pondera la aplicación con una valor entre 1 y 10

El usuario deberá responder con un número del 1 al 10.

Para una mayor eficiencia a la hora de realizar la encuesta a los usuarios, se ha utilizado la herramienta Survio [85] que permite la elaboración de encuestas online, así como la obtención de los resultados correspondientes y estadísticas de los mismos. La encuesta se puede realizar en [86].

6.2.2. Resultados obtenidos

En este apartado se muestran los resultados obtenidos a partir de las respuestas de los encuestados, así como las conclusiones de la evaluación. Para ello, se muestra un gráfico por cada una de las preguntas en las que se indica el porcentaje de usuarios que ha escogido cada respuesta.

1) ¿Cómo calificaría su dominio de las nuevas tecnologías?

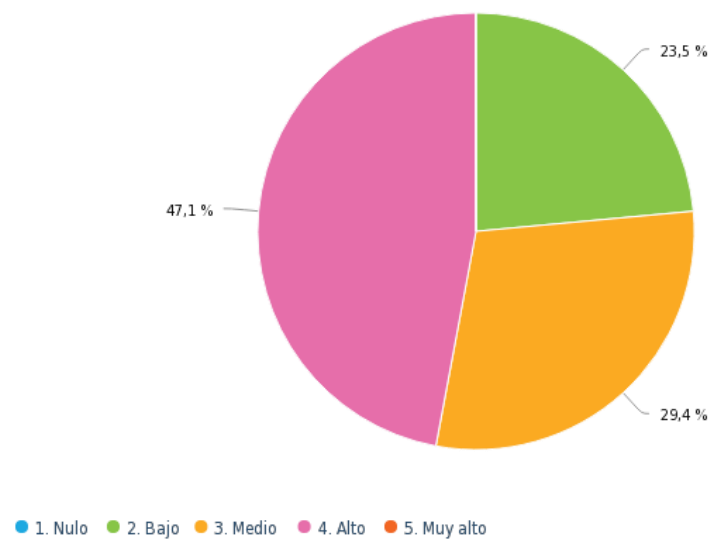


Fig 6. 1. Gráfico de respuestas de la pregunta 1

2) ¿Suele realizar compras a través de su smartphone?

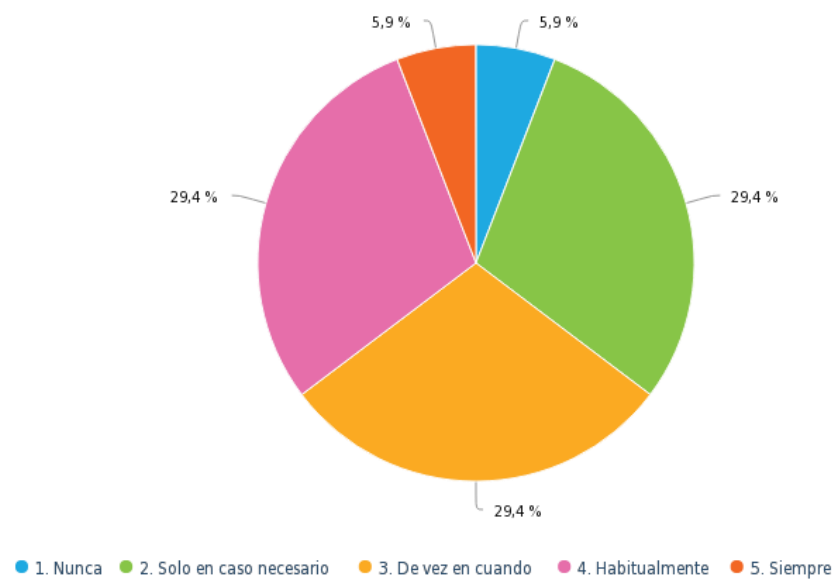


Fig 6. 2. Gráfico de respuestas de la pregunta 2

3) ¿Estaría dispuesto a descargar la aplicación si fuese gratuita?

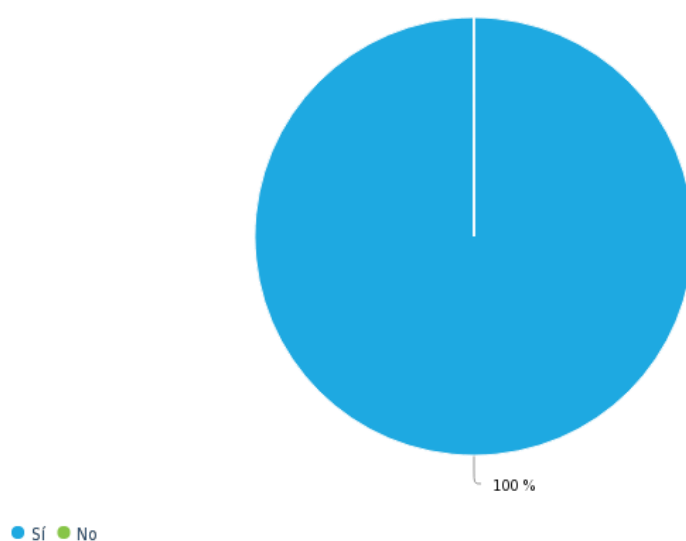


Fig 6. 3. Gráfico de respuestas de la pregunta 3

4) ¿Y si fuese de pago (no más de 5 euros)?

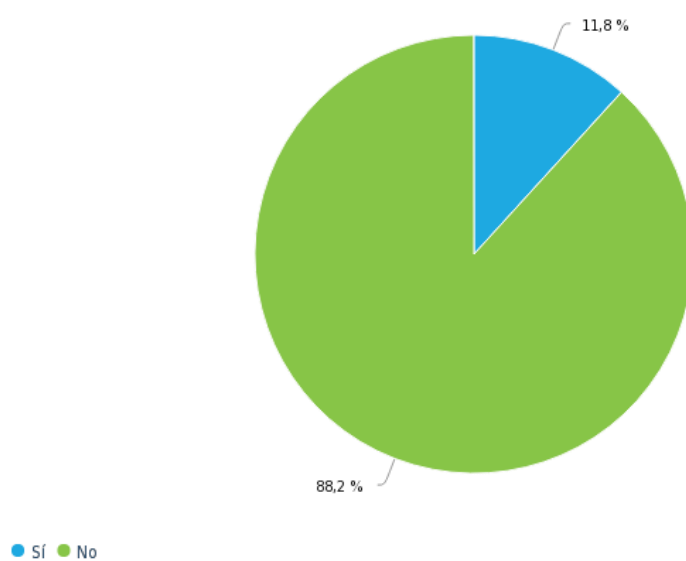


Fig 6. 4. Gráfico de respuestas de la pregunta 4

5) ¿Le ha resultado fácil e intuitivo el manejo de la aplicación?

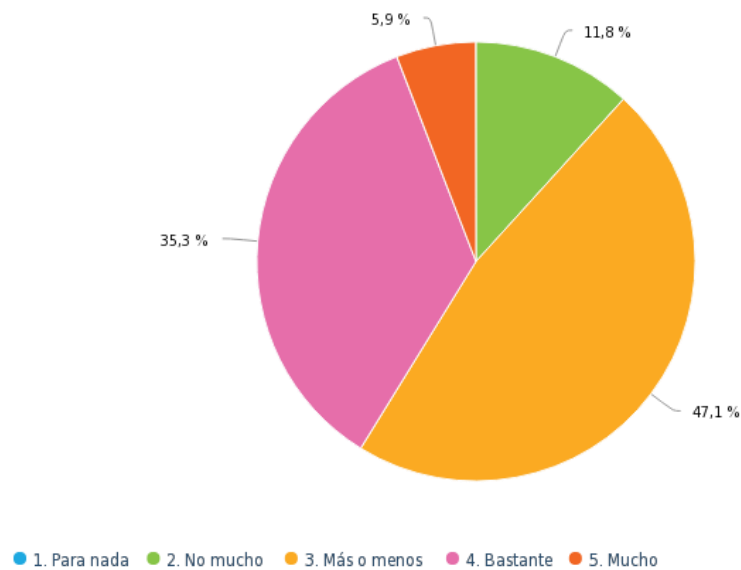


Fig 6. 5. Gráfico de respuestas de la pregunta 5

6) ¿Considera útil la aplicación?

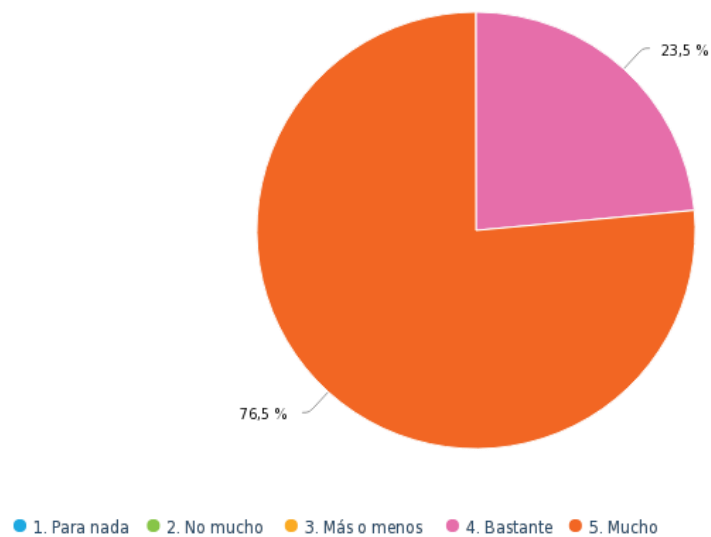


Fig 6. 6. Gráfico de respuestas de la pregunta 6

7) ¿Considera que los resultados y funcionalidades que ofrece la aplicación son realistas?

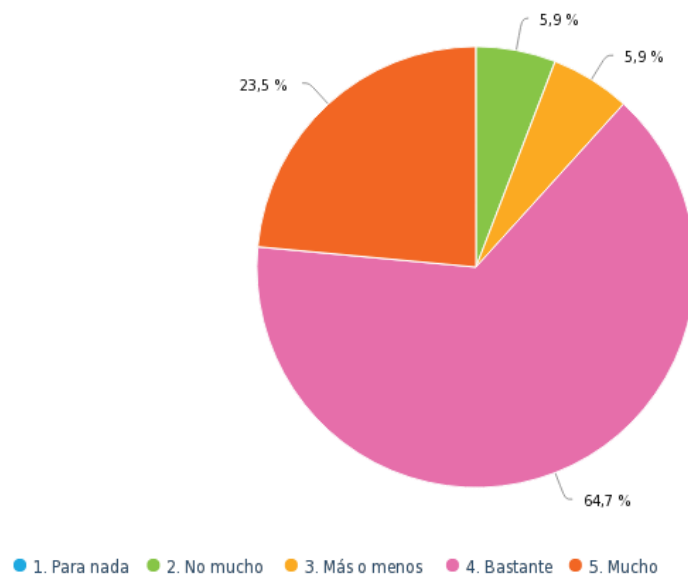


Fig 6. 7. Gráfico de respuestas de la pregunta 7

8) ¿Le parece útil que haya dos opciones de visualización de los muebles?

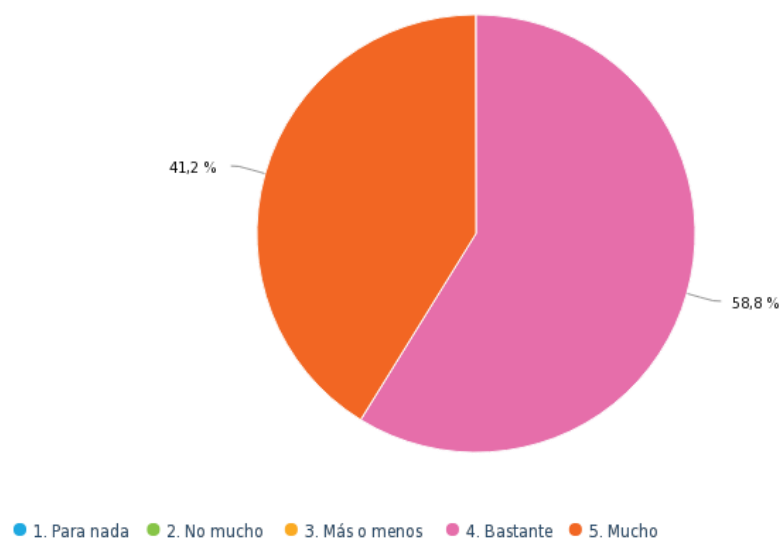


Fig 6. 8. Gráfico de respuestas de la pregunta 8

9) ¿Le parece útil que se puedan mover y rotar los muebles?

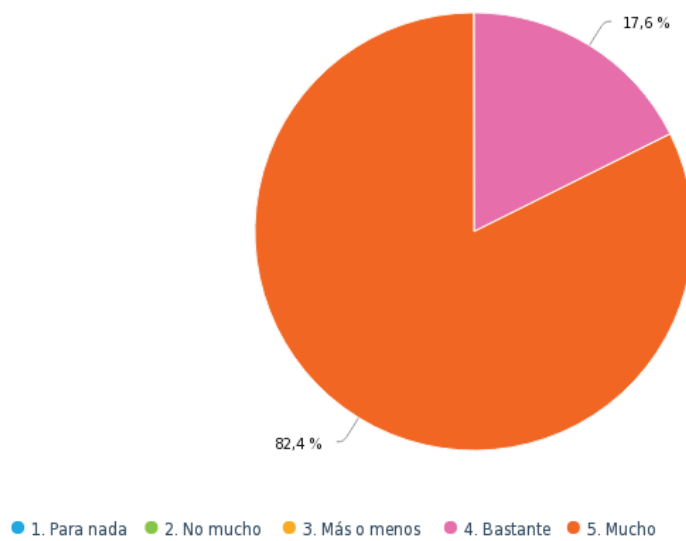


Fig 6. 9. Gráfico de respuestas de la pregunta 9

10) ¿Y que se pueda mover, rotar y cambiar las vistas de la cámara en la escena del plano?

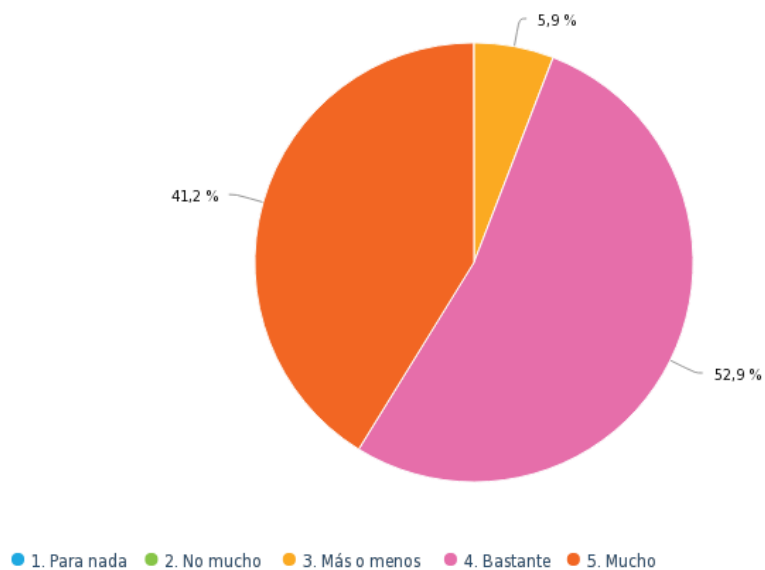


Fig 6. 10. Gráfico de respuestas de la pregunta 10

11) ¿Le parece útil la opción de exportar los muebles de una escena a otra?

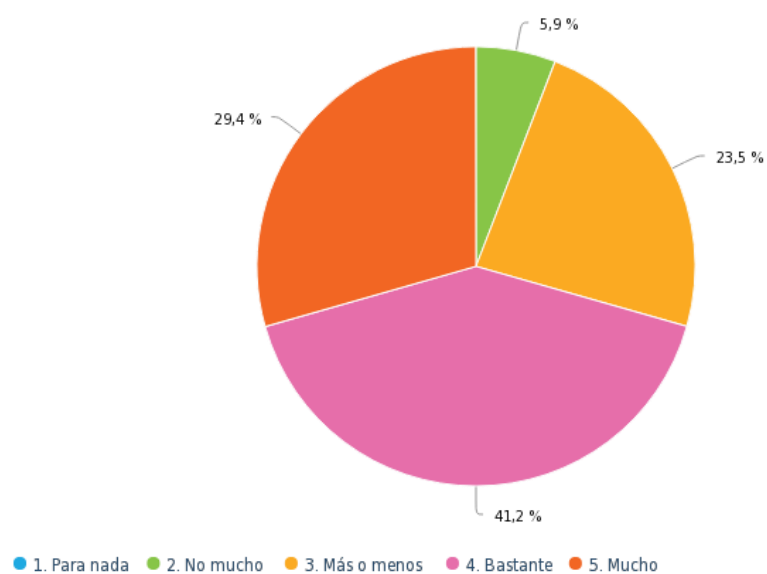


Fig 6. 11. Gráfico de respuestas de la pregunta 11

12) ¿Recomendaría la aplicación a algún conocido?

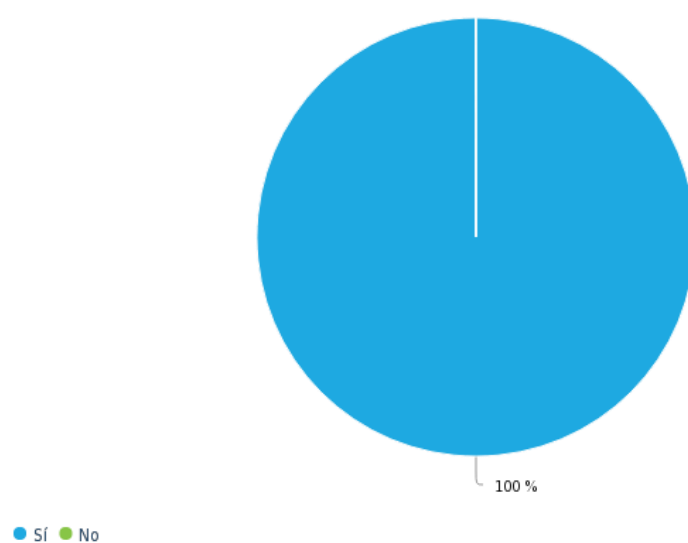


Fig 6. 12. Gráfico de respuestas de la pregunta 12

13) ¿Cuál consideras que es el punto fuerte de la aplicación?

La utilidad de la visualización en 3D de los muebles disponibles, así como el realismo y simulación del movimiento de los mismos por el entorno son los puntos fuertes más destacados por los encuestados.

14) ¿Y el punto débil?

En cuanto al punto débil, algunos encuestados destacan que ciertos botones de la aplicación no son muy intuitivos, e incluso comentan la posibilidad de añadir instrucciones de uso de la aplicación.

15) Pondera la aplicación con una valor entre 1 y 10

La nota media de la aplicación, según las respuestas de los encuestados, es de 8,46.

La Tabla 6.18 muestra el número de respuestas para cada opción, así como la media (sobre 5) y la desviación típica para cada una de las preguntas del cuestionario realizado en este apartado. Las preguntas 3, 4 y 12, al ser de respuesta simple *Sí* o *No*, no se incluyen en la tabla. De la misma manera, las preguntas 13, 14 y 15 tampoco se incluyen en esta tabla al ser preguntas abiertas, pero se comentarán con detalle más adelante.

PREGUNTA	1	2	3	4	5	MEDIA	D.TÍPICA
1	0	4	5	8	0	3,23	0,8
2	1	5	5	5	1	3	1,02
5	0	2	8	6	1	3,35	0,76
6	0	0	0	4	13	4,76	0,42
7	0	1	1	11	4	4,05	0,72
8	0	0	0	10	7	4,41	0,49
9	0	0	0	3	14	4,82	0,38
10	0	0	1	9	7	4,35	0,58
11	0	1	4	7	5	3,94	0,87
TOTAL						3,99	0,67

Tabla 6. 18. Evaluación final de la encuesta

Como se ha podido observar en los resultado obtenidos en la evaluación, son el 47,1% de los encuestados, entre los que se encuentran los más jóvenes, los que cuentan con un alto nivel de dominio de las nuevas tecnologías. El 52,9% restante evalúan su dominio de la tecnología entre medio y bajo.

En cuanto a las compras online realizadas a través de sus smartphones, las respuestas son mucho más diversas con una desviación típica de 1,02. La mayoría de los encuestados

con alto dominio de la tecnología, y en general los más jóvenes, suelen realizar este tipo de compras de vez en cuando e incluso algunos de manera habitual, mientras que los usuarios con menos conocimientos de internet se muestran más escépticos a realizar compras online a través de sus dispositivos móviles y las realizan solo en caso necesario.

Todos los encuestados afirman que descargarían la aplicación, en caso necesario, si fuese gratuita, mientras que tan solo 2 de los 17 encuestados estarían dispuestos a pagar por ella. Por este motivo, sería necesario contemplar la posibilidad de publicar la aplicación en algún App Store permitiendo la descarga gratuita y obteniendo los ingresos a través de enlaces publicitarios o con alguna otra medida de negocio.

En lo referido a la pregunta acerca de la facilidad de uso de la aplicación, los resultados han sido peor de lo que se esperaban, ya que se ha obtenido una media de 3,35 y son el 47,1% los encuestados que consideran que la aplicación es “más o menos” fácil e intuitiva, algunos de ellos considerando incluso que no lo es. Esto también se ha podido observar en la pregunta 14 en la que algunos de los encuestados han recomendado añadir instrucciones de uso de la aplicación ya que esta les parecía un poco compleja de utilizar. Esto se podría solucionar siguiendo esta medida recomendada por los encuestados ya que, es cierto, que para usuarios principiantes puede resultar un poco caótica al haber tantas funcionalidades. En cuanto a los botones, estos se han intentado diseñar para que sean los más intuitivos posibles ya que, añadir texto ocuparía demasiado espacio en la pantalla la cual es parte fundamental para realizar la simulación en 3D de los productos.

El 76,6% de los encuestados ha considerado muy útil la aplicación, obteniendo esta pregunta una media de 4,76 sobre 5. Además, el 64,7% considera que los resultados y funcionalidades de la aplicación son bastante realistas. Esto se puede ver también en las respuestas de la pregunta 13 en la que la mayoría de los usuarios afirman que el punto fuerte de la aplicación es su gran utilidad para visualizar muebles en 3 dimensiones desde sus propios hogares, así como el realismo ofrecido en la simulación.

En cuanto a la utilidad de algunas de las funcionalidades más relevantes de la aplicación, la mayoría de los usuarios han respondido que les parecen “mucho” o “bastante” útiles obteniendo una media de 4,41 y 4,82 las preguntas acerca de la utilidad de que haya dos opciones de visualización y la de que se puedan mover y rotar los muebles respectivamente. Otras funcionalidades como la de mover, rotar y cambiar las vistas de la cámara en la escena del plano y la de exportar los muebles de una escena a otra han obtenido respuestas más variadas que las anteriores. A pesar de ello, siguen siendo la mayoría los encuestados que sí las consideran muy útiles por lo que estas preguntas han obtenido una media de 4,35 y 3,94 respectivamente. En general, se podría afirmar que las funcionalidades implementadas han sido bien recibidas y valoradas por la mayoría de los encuestados.

Finalmente, el 100% de los encuestados se mostraron gratamente satisfechos tras utilizar la aplicación y afirmaron que la recomendarían a algún conocido sin ninguna duda. Además, la nota media recibida por parte de los mismos ha sido de 8,46 y la media de respuestas han obtenido un valor de 3,99 sobre 5 por lo que se concluye que la evaluación ha sido bastante satisfactoria y se han obtenido muy buenos resultados.

CAPÍTULO 7 - CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este capítulo se desarrollan, en primer lugar, las conclusiones obtenidas durante la realización de este Trabajo de Fin de Grado, así como ideas de posibles trabajos futuros que pudieran mejorar las funcionalidades y el alcance de la aplicación 3Design desarrollada en este proyecto.

7.1. Conclusiones

Este Trabajo de Fin de Grado de Ingeniería Informática se ha basado en la creación de una aplicación de realidad aumentada orientada a la decoración de espacios que actúa como un simulador donde los usuarios pueden visualizar muebles virtuales en 3 dimensiones de dos maneras diferentes. La primera, que hace uso de la RA, es la opción de visualizar los muebles virtuales sobre una superficie real captada por la cámara del dispositivo en tiempo real. La segunda, sin embargo, se trata de una opción en la que los usuarios pueden construir su propio plano 3D con las dimensiones deseadas y colocar sobre él los muebles disponibles en el catálogo de la aplicación.

Si bien en el Grado en Ingeniería Informática se cursan multitud de asignaturas de diferentes menciones y se aprenden varios lenguajes de programación, nunca se ha cursado ninguna asignatura relacionada con la realidad aumentada. Esto ha hecho que el proceso de documentación para la realización del trabajo haya sido bastante complejo y exhaustivo.

Para la creación de este proyecto, por lo tanto, ha sido necesario realizar una ardua investigación acerca de la realidad aumentada, así como su historia y avances en la actualidad. Además, se ha llevado a cabo una búsqueda sobre las aplicaciones de RA en el ámbito de la decoración existentes en el mercado actual y se han estudiado sus características y funcionalidades con el fin de crear la aplicación 3Design, que ofrece funcionalidades más novedosas como la de exportar los muebles de la RA al plano tridimensional.

Una vez conocido el estado del arte y las características de la realidad aumentada y sus aplicaciones se pasó a realizar un estudio sobre las diferentes herramientas tanto de RA como de desarrollo Android para valorar sus ventajas e inconvenientes, decantándose finalmente por el SDK de Wikitude para el desarrollo de las técnicas de RA y por Unity como motor de desarrollo para Android.

Ambas han sido muy buenas elecciones ya que han permitido desarrollar la aplicación correctamente de manera flexible y eficiente con todas las funcionalidades deseadas y en el tiempo establecido inicialmente.

En cuanto al diseño e implementación de la aplicación, este ha sido uno de los puntos más complejos de este proyecto por el desconocimiento acerca de las técnicas de realidad aumentada que no se han impartido nunca en el Grado de Ingeniería Informática. A pesar de ello, con ayuda de la documentación y tutoriales existentes tanto del SDK de Wikitude como de la herramienta Unity, la aplicación se ha podido desarrollar de manera exitosa cumpliendo correctamente con los objetivos establecidos e incluyendo, incluso, funcionalidades que inicialmente se habían descartado por su complejidad, como la función de exportar los modelos de una escena a otra.

Además, la realización de este Trabajo de Fin de Grado me ha hecho, no solo aprender nuevas tecnologías como es la realidad aumentada, sino también aumentar mi interés en el desarrollo e implementación de este tipo de aplicaciones de RA que pueden tener un gran impacto tanto social como económico en la actualidad.

Finalmente, cabe destacar que la aplicación cuenta con ciertas limitaciones ya que los objetos mobiliarios de los que dispone actualmente son limitados. Además, la aplicación está pensada para que el cliente realice únicamente la acción de visualizar los muebles en un entorno real en tiempo real o en un plano. El proceso de compra, por lo tanto, es ajeno a este software y se realizará, en caso necesario, a través de la página web de la empresa fabricante del propio mueble o directamente en la tienda. Como trabajo futuro se podrían añadir esta y muchas otras funcionalidades que, para este proyecto, no se han implementado.

7.2. Trabajo futuro

En este apartado se detallan los trabajos futuros y funcionalidades adicionales que se podrían realizar para mejorar la aplicación 3Design presentada en este proyecto.

- **Mejora de la función de exportar:** la función de exportar los muebles implementada en este proyecto calcula y mantiene la orientación de los modelos, así como la posición relativa de unos modelos con otros. Sin embargo, las distancias de los modelos con las paredes no están correctamente calculadas debido a su complejidad ya que sería necesario conocer en todo momento la distancia entre la cámara y las paredes frontal y laterales, así como realizar diversos cálculos matemáticos. Como trabajo futuro se podría calcular esta distancia haciendo uso de alguna herramienta y, de esa manera, conseguir que el funcionamiento de la acción de exportar sea más preciso y realista.
- **Venta directa de los muebles disponibles:** como se ha comentado en el apartado de conclusiones, el proceso de compra de los productos es ajeno al software implementado. Sin embargo, como trabajo futuro, se podría implementar esta

funcionalidad de manera que los usuarios puedan comprar los muebles deseados directamente desde la aplicación 3Design.

- **Inclusión de un mayor número de modelos:** de la misma manera, en el apartado de conclusiones se ha comentado que el número de modelos disponibles en la aplicación implementada es limitado. Un posible trabajo futuro sería añadir un mayor número de objetos mobiliarios y diseños diferentes entre los que los usuarios puedan elegir.
- **Guardar escenas:** una funcionalidad que sería sumamente útil sería la de permitir a los usuarios guardar sus propias escenas, tanto las de RA como las del plano tridimensional. De esta manera, si el usuario quiere volver a retomar el diseño que estaba realizando sobre su habitación pueda hacerlo en cualquier momento. Por ejemplo, si el usuario había creado un plano con una cama y dos mesas, podrá guardar esta escena y continuar con la decoración en otro momento sin tener que comenzar de nuevo. Para ello sería necesario contar con una base de datos en la que almacenar las escenas guardadas de los usuarios y sus datos personales, así como una página de registro y login para que el acceso sea más personalizado.
- **Compartir escenas:** otro posible trabajo futuro, similar al anterior, sería el de añadir la opción de que los usuarios puedan compartir las escenas creadas, tanto de RA como las del plano tridimensional, de manera que el resto de usuarios de la aplicación puedan añadir comentarios y aportar nuevas ideas de diseño. Igual que en el punto anterior, para esta funcionalidad sería necesario contar con una base de datos y las páginas de registro y login de usuarios.
- **Aplicación disponible también para iOS:** desarrollar la aplicación para su uso en dispositivos con sistema operativo iOS, además de Android, sería una buena mejora del alcance del sistema implementado ya que permitiría el uso de 3Design a prácticamente la totalidad de la población.

CAPÍTULO 8 - GESTIÓN DEL PROYECTO

En este capítulo se muestran todos los aspectos relevantes en cuanto a la gestión del proyecto, incluyendo las leyes que lo afectan, el entorno socio - económico, así como la planificación y costes generados.

8.1. Marco regulador

En este apartado se van a mostrar las leyes, normativas y guía de buenas prácticas necesarias para llevar a cabo el correcto desarrollo de la aplicación. A continuación, se citan las leyes más relevantes:

- **Protección de datos:** esta normativa está recogida en la “Ley Orgánica 3/2018 del 5 de diciembre de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales que reconoce el derecho fundamental a la protección de los datos personales de los usuarios, evitando así el tráfico ilícito de los mismos” [87]. 3Design no utiliza datos de los usuarios por lo que esta ley no afecta a su legalidad.
- **Ley de Propiedad Intelectual:** esta normativa está recogida en el “Real Decreto Legislativo 1/1996 del 12 de abril por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual en el que se regularizan las disposiciones legales vigentes” [88].

Además de estas leyes, se han tenido en cuenta para el desarrollo de la aplicación Android las normativas impuestas por las dos plataformas utilizadas: Wikitude y Unity.

- **Wikitude:** este kit de desarrollo de realidad aumentada requiere de una licencia para su uso. Existe una licencia gratuita Wikitude Demo con marca de agua y numerosas restricciones y unas licencias SDK PRO y SDK PRO 3D que son de pago, proporcionan funcionalidades adicionales y avanzadas y que están orientadas mayoritariamente a desarrolladores y empresas [89]. Para el desarrollo de 3Design se ha adquirido la EDU License [90], una licencia de educación proporcionada por la Wikitude Academy que es gratuita, no tiene marca de agua y está únicamente disponible para estudiantes o profesorado. Además, cuenta con las funcionalidades necesarias para el correcto desarrollo de la aplicación. Esta licencia restringe el uso del kit de desarrollo Wikitude a un año y no permite la publicación de la aplicación en ningún App Store. Esta licencia incluye obligatoriamente el logo de Wikitude en todas las escenas o pantallas en las que se haya hecho uso de las técnicas de realidad aumentada ofrecidas por este SDK.
- **Unity:** este motor de desarrollo multiplataforma requiere también de una licencia para su utilización. Unity ofrece tres tipos de licencia entre los que los desarrolladores pueden elegir. Existen las licencias Pro y Plus orientadas a

desarrolladores expertos y empresas respectivamente y que son de pago. Para el desarrollo de la aplicación 3Design se ha adquirido la Personal License orientada a principiantes, gratuita y que cuenta con una gran cantidad de restricciones que, en este caso, no afectan al proyecto. Esta licencia no permite al usuario utilizar la aplicación desarrollada para generar ingresos anuales o recaudar fondos de más de 100.000 \$. Además, esta licencia incluye obligatoriamente el logo de Unity durante la inicialización de la aplicación [91].

Por otra parte, el logo y los iconos de los botones, así como los modelos 3D que utiliza la aplicación se han obtenido de páginas especializadas de Internet. Para el logo y los iconos se ha utilizado la herramienta gratuita FreeLogoDesign, mientras que para la obtención de los objetos 3D se han descargado de la compañía TurboSquid. Freepik se ha utilizado para la descarga gratuita de las imágenes utilizadas para los materiales y texturas tanto de los modelos 3D como del suelo del plano.

- **FreeLogoDesign:** los logos e icono ofrecidos por esta herramienta web son gratuitos y públicos para uso personal. Por el contrario, si se va a hacer un uso comercial de los mismos, entonces sería conveniente adquirir la versión profesional por 59 \$ que proporciona archivos de mayor resolución o el servicio de creación de logo personalizado por 199 \$. Para este proyecto se ha utilizado la versión gratuita de esta herramienta [11].
- **TurboSquid:** sus productos son libres de uso excepto que se indique lo contrario y pueden ser utilizados en tantos proyectos como se desee durante el tiempo necesario. Para utilizar estos productos ha sido necesaria la adquisición de una licencia gratuita denominada Royalty Free License que permite el uso de estos productos a compañías o personas individuales mayores de 18 años [84].
- **Freepik:** es un sitio web que permite la descarga gratuita de contenidos gráficos y que, en este proyecto, se ha utilizado para la obtención de diferentes texturas como maderas y mármoles empleadas en el diseño de los modelos 3D que muestra la aplicación [92].

La aplicación 3Design está disponible únicamente para dispositivos Android. Para poder hacer un uso de la misma es necesario que el smartphone cuente con la versión Android 7.1 ‘Nougat’ o superior (API level 25).

8.2. Entorno socio - económico

En este apartado se hace referencia al impacto que puede tener este proyecto tanto en la sociedad como en la economía y el medio ambiente. El impacto no tiene que ser necesariamente positivo.

8.2.1. Impacto social

- **Aumento del tiempo libre:** gracias a esta aplicación los usuarios podrán contar con más tiempo libre ya que se podrán ahorrar decenas de visitas a las tiendas de muebles en busca del producto adecuado.
- **Uso de nuevas tecnologías:** con la aplicación 3Design los usuarios utilizarán técnicas de realidad aumentada y comprobarán la eficacia y la utilidad de esta reciente tecnología.

8.2.2. Impacto económico

- **Disminución de gastos:** en la sociedad actual es muy habitual que se compre más de lo que uno necesita cuando se va a un supermercado, tienda o centro comercial. Con la aplicación 3Design los usuarios buscarán los muebles que quieran y los comprarán directamente desde su smartphone accediendo al enlace de la página oficial que se muestra en el catálogo. De esta manera gastarán la cantidad imprescindible de dinero comprando solamente lo que necesiten.
- **Generación de empleo:** la realidad aumentada, como se ha comentado anteriormente, es una tecnología pionera que se espera que alcance su máximo esplendor en los próximos años. Tal y como se menciona en [5], se espera que en el futuro el número de usuarios de esta tecnología aumente hasta los 100 millones creándose hasta 150.000 puestos de trabajo.

8.2.3. Impacto medioambiental

- **Disminución de la contaminación:** al poder visualizar los productos directamente desde sus smartphones, los usuarios evitarán tener que realizar multitud de viajes a las tiendas mobiliarias. Esto reducirá la contaminación causada por los combustibles ya que se realizarán menos viajes a estos lugares.

8.3. Planificación

En este apartado se muestra el diagrama de Gantt, así como el número de horas que se han invertido en la realización del presente Trabajo de Fin de Grado, desde el inicio del proyecto (3 de abril de 2019) hasta su finalización (20 de septiembre de 2019).

A continuación, se detallan el número de horas empleadas en cada una de las fases del proyecto descritas en el capítulo de introducción. Se ha trabajado una media de entre 5 y 6 horas por día aproximadamente.

Fase	Fecha inicio	Fecha fin	Total (horas)
1. Planificación	03/04/2019	26/04/2019	44
Planteamiento del problema	03/04/2019	09/04/2019	5
Estado del arte	18/04/2019	26/04/2019	24
Elección de las herramientas	10/04/2019	16/04/2019	15
2. Desarrollo	28/04/2019	03/07/2019	194
Instalación de las herramientas	29/04/2019	29/04/2019	3
Diseño de la arquitectura	29/04/2019	03/05/2019	14
Implementación	06/05/2019	21/06/2019	150
Diseño de la interfaz de usuario	17/05/2019	27/06/2019	10
Pruebas y correcciones	21/06/2019	03/07/2019	17
3. Documentación	03/05/2019	20/09/2019	255
Redacción de la memoria	03/05/2019	20/09/2019	225
Corrección de la memoria	15/07/2019	20/09/2019	30
TOTAL (horas)	493		
TOTAL (días)	171		

Tabla 8. 1. Planificación temporal por fases

Se puede observar que las fases de desarrollo y documentación son las que han tenido mayor duración puesto que son las más complejas y han requerido un número elevado de horas de trabajo. Se debe tener en cuenta que la RA es una tecnología novedosa y que no

se ha visto a lo largo del Grado en Ingeniería Informática cursado, lo que hace que se haya tenido que invertir tiempo en informarse y aprender acerca de esta tecnología lo cual ha aumentado considerablemente el tiempo dedicado a la parte de la implementación y documentación.

A continuación, se muestra el diagrama de Gantt correspondiente a la planificación mostrada y que se ha graficado con el software TeamGantt [87]. En la parte derecha se pueden distinguir las diferentes fases junto con su respectiva fecha de inicio y fin, y en la parte izquierda la duración total en días de cada una de ellas.

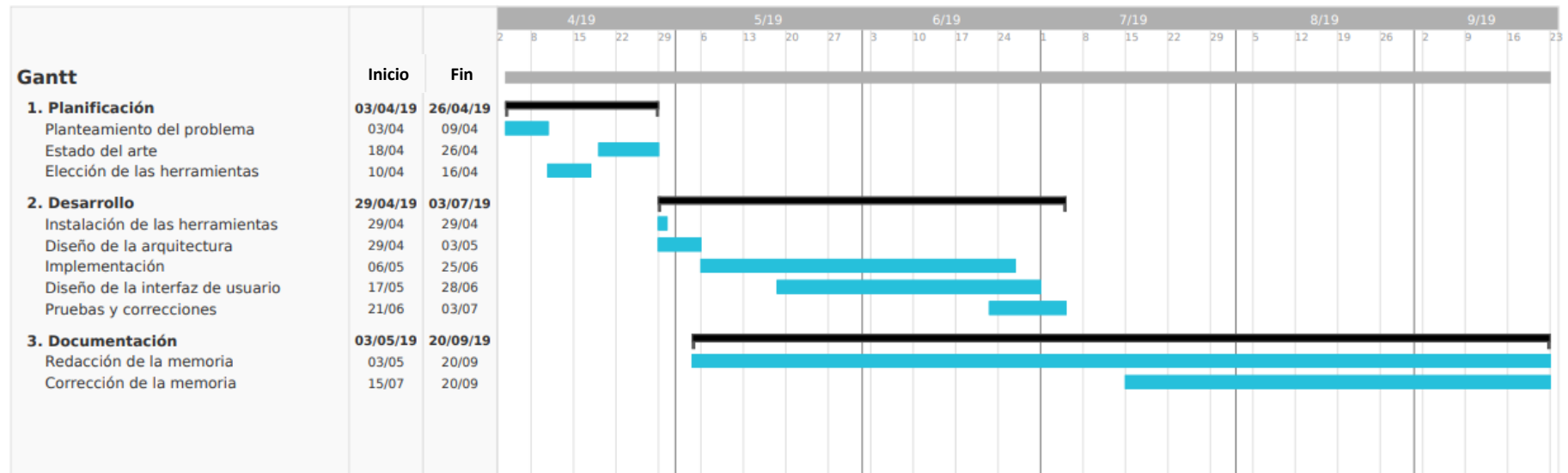


Fig 8. 1. Diagrama de Gantt

8.4. Presupuesto del proyecto

En este apartado se especifica el presupuesto total invertido en la realización de este proyecto.

8.4.1. Costes de personal

En la siguiente tabla se muestran los recursos humanos empleados a lo largo del desarrollo de este proyecto, es decir, el personal encargado de realizar el presente Trabajo de Fin Grado. El salario por hora de cada trabajador se ha obtenido de la *Resolución de 22 de febrero de 2018, de la Dirección General de Empleo, que registra y publica el XVII Convenio colectivo estatal de empresas de consultoría y estudios de mercado y de la opinión pública* [88].

Nombre	Cargo	Salario/hora	Total horas	Coste total
Sheila Pinto Orbis	Analista	11.75 €/hora	493	5.792,75 €
David Griol Barres	Jefe de proyecto	12.5 €/hora	20	250 €
TOTAL	6.042,75 €			

Tabla 8. 2. Desglose de costes de personal

8.4.2. Costes de hardware

A continuación, se muestra el desglose de los gastos empleados en los equipos tecnológicos necesarios para la realización del proyecto. A este coste se le ha aplicado una amortización por unidad respecto al coste inicial. El cálculo de la amortización es el siguiente:

$$\frac{\text{precio unidad}}{365 \times \text{vida útil}} \times 171 \text{ días}$$

La ecuación de amortización utilizada divide el precio por unidad de cada equipo entre 365 días que tiene un año multiplicado por la vida útil de cada uno de ellos. A todo esto, se le multiplica la duración total del proyecto en días que, para este caso, han sido 171 días. Para este trabajo se ha utilizado una única unidad de cada recurso hardware empleado.

Recurso	Vida útil	Precio/unidad	Amortización	Coste total
HP Notebook	4 años	499,06 €	58,45 €	58,45 €
HP Wireless Mouse	2 años	13,00 €	3,04 €	3,04 €
Huawei P10	2 años	474,95 €	111,25 €	111,25 €
Huawei P20	2 años	350,00 €	81,98 €	81,98 €
TOTAL	254,72 €			

Tabla 8. 3. Desglose de costes de hardware

8.4.3. Costes de software

A continuación, se muestra el desglose de los gastos empleados en los recursos software necesarios para la realización del proyecto, tales como herramientas, kits de desarrollo o programas utilizados. Por tratarse de un Trabajo de Fin de Grado académico todos los recursos software se han podido utilizar de manera gratuita sin coste alguno.

Recurso	Coste total
SDK de Wikitude	1.990 € *
Unity 3D	0 €
Microsoft Office 2016	0 €
Draw.io	0 €
TeamGantt	0 €
MonoDevelop	0 €
TOTAL	1.990 €

Tabla 8. 4. Desglose de costes de software

* 1.990 € sería el coste de adquirir la licencia SDK PRO necesaria para la publicación de la aplicación 3Design en algún App Store [89].

8.4.4. Otros costes

En este apartado se detallan los costes empleados en material fungible, viajes y otros gastos indirectos.

Recurso	Coste total
Material fungible	5 €
Gasolina (viajes a la universidad)	50 €
Electricidad	235 €
TOTAL	290 €

Tabla 8. 5. Desglose de otros costes

8.4.5. Coste total

A continuación, se muestra el presupuesto final del proyecto.

Recurso	Coste total
Personal	6.042,75 €
Hardware	254,72 €
Software	1.990 €
Otros costes	290 €
TOTAL	8.577,47 €

Tabla 8. 6. Presupuesto final del proyecto

ANEXO A – GLOSARIO

En este apartado se explican las palabras y términos clave que son fundamentales para la correcta comprensión del documento.

- **API:** Application Programming Interface (término en inglés de Interfaz de Programación de Aplicaciones). Es un conjunto de protocolos y rutinas que permite desarrollar un software para un determinado sistema operativo.
- **AR:** siglas de Augmented Reality (término en inglés). En este documento las siglas AR se utilizan para mencionar los métodos, scripts y escenas implementados en la aplicación cuya nomenclatura está en inglés.
- **Asset:** en un Unity es una representación de cualquier ítem que pueda ser utilizado por el proyecto. Puede ser un modelo 3D, un audio, una animación, etc.
- **Cámara:** dispositivo tecnológico que registra imágenes reales estáticas o en movimiento. En el documento usaremos este término para referirnos a la cámara del teléfono móvil en el que se está usando la aplicación y que capta el entorno real que rodea al usuario.
- **Dispositivo:** aparato que desarrolla diversas funciones. En este documento se utiliza este término para referirse al teléfono móvil con el que se está usando la aplicación.
- **Escena:** en Unity cada pantalla se denomina scene (escena en inglés).
- **Inspector:** se utiliza para ver y editar propiedades de objetos y otros ajustes y parámetros de Unity. Se muestra al seleccionar cualquier GameObject o Script de la jerarquía de la escena permitiendo editarlos y establecer los valores por defecto sin modificar el código.
- **Modelo virtual:** se refiere a los Prefabs de Unity que están activos en la escena y que se superponen sobre el entorno real gracias a la realidad aumentada. En ningún caso se refiere con este término a los objetos reales que se pueden ver a través de la cámara.
- **Plugin:** aplicación o programa informático que proporciona nuevas funcionalidades al unirse con otra con la que interactúa a través de una interfaz de programación de aplicaciones.

- **RA:** siglas de Realidad Aumentada. En este documento la RA se refiere al conjunto de tecnologías que permiten la superposición de elementos virtuales sobre la realidad.
- **Script:** es el nombre que reciben las clases en lenguaje C# implementadas en la herramienta Unity.
- **SDK:** Software Development Kit (término en inglés de Kit de Desarrollo Software) que describe el conjunto de herramientas de software.
- **Tracking:** se conoce como tracking al rastreo o seguimiento y posicionamiento de los objetos virtuales sobre el entorno real a través de la cámara.
- **UI:** User Interface (término en inglés de Interfaz de Usuario). Es el nombre que recibe el componente que contiene todos los elementos que conforman la interfaz de usuario de una aplicación o videojuego en Unity.
- **Unity:** motor de videojuego multiplataforma utilizado para el desarrollo de la aplicación 3Design en Android.
- **Wikitude:** kit de desarrollo de realidad aumentada empleado para la implementación de la aplicación 3Design.

ANEXO B - EXTENDED ABSTRACT

This chapter details a summary of the Final Degree Project presented on this document.

B.1. Introduction

In recent years we have experienced a great growth of new technologies such as virtual and augmented reality thanks to the rise of electronic devices such as tablets and smartphones. The potential of both technologies is so broad that today there are applications in diverse fields such as industry, marketing, education, and even health. AR applications have now been developed in order to allow users to translate text in real time, measure distances with the mobile phone and change their home's decoration, as well as applications that allow users to try on different hairstyles and makeups.

However, despite this growth, augmented reality is still a pioneering technology that is expected to reach its maximum development in the coming years thanks to the advances in technology (better processors, double cameras capable to capture more information, etc.).

For all these reasons, a good future is predicted for augmented reality which, as it has already been observed with its recent development, will bring numerous social and economic benefits. In 2022, according to the IDC (International Data Corporation), investments in VR and AR are expected to reach the 20.400 million dollars, which will represent a growth of 69,6% in Western Europe.

In addition, thanks to the advancement of new technologies and the development of augmented reality, the decoration and interior design sector occupies and increasingly important place among internet users. Decoration companies have adapted their businesses by integrating themselves into the new technologies and online sales. Today, more than 45% users buy furniture online.

This Final Degree Project, therefore, focuses on the use of augmented reality through mobile devices such as smartphones in everyday life, and more specifically in the field of decoration.

B.2. Objectives

The purpose of this project is to develop an application that allows users to visualize virtual elements inside a real environment using augmented reality techniques. The application will offer users two visualization possibilities of the offered products.

On the one hand, the user will be able to visualize in 3 dimensions the furnishing objects in a real environment (bedroom, living room, etc.) through his Android device's screen thanks to augmented reality techniques. The software will have a catalogue with different furnishing products (chairs, sofas, tables, etc.) among which customers can choose and then, view them in 3 dimensions, move and rotate them through the space, as well as make screenshots of the scene and delete the selected objects. In this option, the user will have the chance to export the objects that have been placed in the room through the camera and thus, see them in an empty plane with the indicated dimensions, where he will also be able to move and rotate them through the space.

On the other hand, the user will be able to choose the option of visualizing the furnishing objects in a plane with the desired length and width dimensions in order to simulate an empty space. As in the previous option, the software will have a catalogue with a wide range of objects that the customer will be able to place on the plane, as well as move and rotate them, in addition to making screenshots of the scene and deleting the selected objects. Additionally, in this option, the user will be able to choose the colour of the walls and the type of floor, as well as the incorporation of doors and windows of different sizes to simulate the desired place as completely as possible. Also, in this option, the customer will be able to observe the plane from the top view or to submerge in the interior and move around in the space for more realism.

For all these reasons, this software will allow customers to check how the furniture will look in their rooms before buying them. This will save users from the boring task of spending hours and hours doubting whether the furniture they like so much matches or not with their room, if the colour is the right one and if the dimensions are correct.

B.3. Motivation

B.3.1. Self – motivation

One of the main reasons for choosing this project has been its topic. In the four years I have been studying the Computer Engineering Degree at Carlos III University of Madrid, I have seen multiple subjects. Among them are those oriented to artificial intelligence since I have studied the Computer Science Mention offered by the university. However, we have never seen any subject similar to augmented or virtual reality. This fact made me

see this project as a personal challenge. In addition to this, augmented reality is a very recently introduced term that, today, is in ongoing development and is increasingly present in different fields such as education, advertising, entertainment and industry, which made me find it a very interesting subject.

For all these reasons I thought of the great utility of creating the 3Design application that would help users to visualize in 3 dimensions how the furniture would look in a particular room. In addition, users will just need a smartphone and the 3Design application in order to enjoy these visualization possibilities.

B.3.2. External motivation

The purpose of this Final Degree Project, as mentioned above, is to cover the need for users to be able to try out different pieces of furniture in a room through their mobile phone's camera or directly on a 3D plane with the desired measurements using the 3Design application.

Some of the incentives that have led to the creation of this project and that are shown in detail below, have been the increase in the number of mobile devices and applications users, as well as the growth of online consumption and purchases through smartphones, especially in fields such as fashion and travel.

In regard to mobile devices users, in 2018 it was estimated that in Spain there are 94.6% of smartphone users between 18 and 39 years old. Currently, Spaniards have an average of 16 applications installed in their mobile devices. The most widely used are WhatsApp, Facebook, Skype and email managers. Also, thanks to new technological trends, we can count on augmented reality applications such as Pokémon Go which became a success in 2016 being downloaded by more than 500 million players.

Online consumption has also increased with the boom in the usage of smartphones. Today, it is known that 69% of consumers between the ages of 18 and 39 use mobile devices to search products before buying them, and 90% make purchasing decisions through their mobile devices. Online spending amounts to 1,000 million. There are 92% consumers who, after making a purchasing search on their devices, end up making the related purchase.

According to the statistics and as can be seen in Fig 1.1, leisure, fashion and travel are the sectors that enjoy the highest number of online sales through user's smartphones. Others, such as household, are at the bottom of the list with only 15% of customers who decide to buy furniture through their mobile phones.

The low percentage of purchases in the household sector compared to others, is due to the fact that, despite there are already 45% users buying their furniture online, there are still many who prefer to go to physical furniture stores to check the measurements and dimensions of the desired products. In addition, many of them are sceptical about making such an important purchase through their smartphone. For this reason, the application developed in this Final Degree Project would help users to be able to see the desired furniture directly in their rooms and, thus, drive the increase in online purchases in this sector.

Another motivation that gave rise to the creation of the AR application presented on this document is the importance that augmented reality has gained in many sectors in our country, video games, education, medical and industrial sectors. AR has existed for decades, however, its recent boom has been given by the evolution of smartphones, which have become an essential element and are accessible to most of the population.

Additionally, augmented reality has not yet reached maturity and its development is currently still low due to the facts that it is a very pioneering technology. However, its projection is very broad and it has proven to be a useful and reliable technology, being one of the technologies with the greatest potential for development and evolution and which has become a great investment focus. It is estimated that in the coming years, augmented reality will create thousands of jobs and raise hundreds of million dollars worldwide.

All these reasons incentive me to choose the rooms decoration as main subject to apply augmented reality in this project. In addition, the household sector is not one of the most developed in terms of AR applications and yet many people could benefit about this. The applications beneficiaries would be mainly buyers in this sector, being these people between 25 and 60 years old mostly.

In this way, with the 3Design application these users will be able to see in 3D the furniture they are interested in in order to check if the measurements are correct. All they need is a smartphone with camera and the 3Design application installed in order to enjoy this augmented reality experience, thus avoiding the boring work of visiting dozens of home stores in search of the perfect piece of furniture.

B.4. Implementation

This section summarises the system's technical, architectural and design decisions, as well as the implementation that has been carried out.

Fig B.1 shows the flowchart corresponding to the general operation of the application before starting either of the two main activities: viewing objects through the device's camera using AR or visualization in a 3D plane.

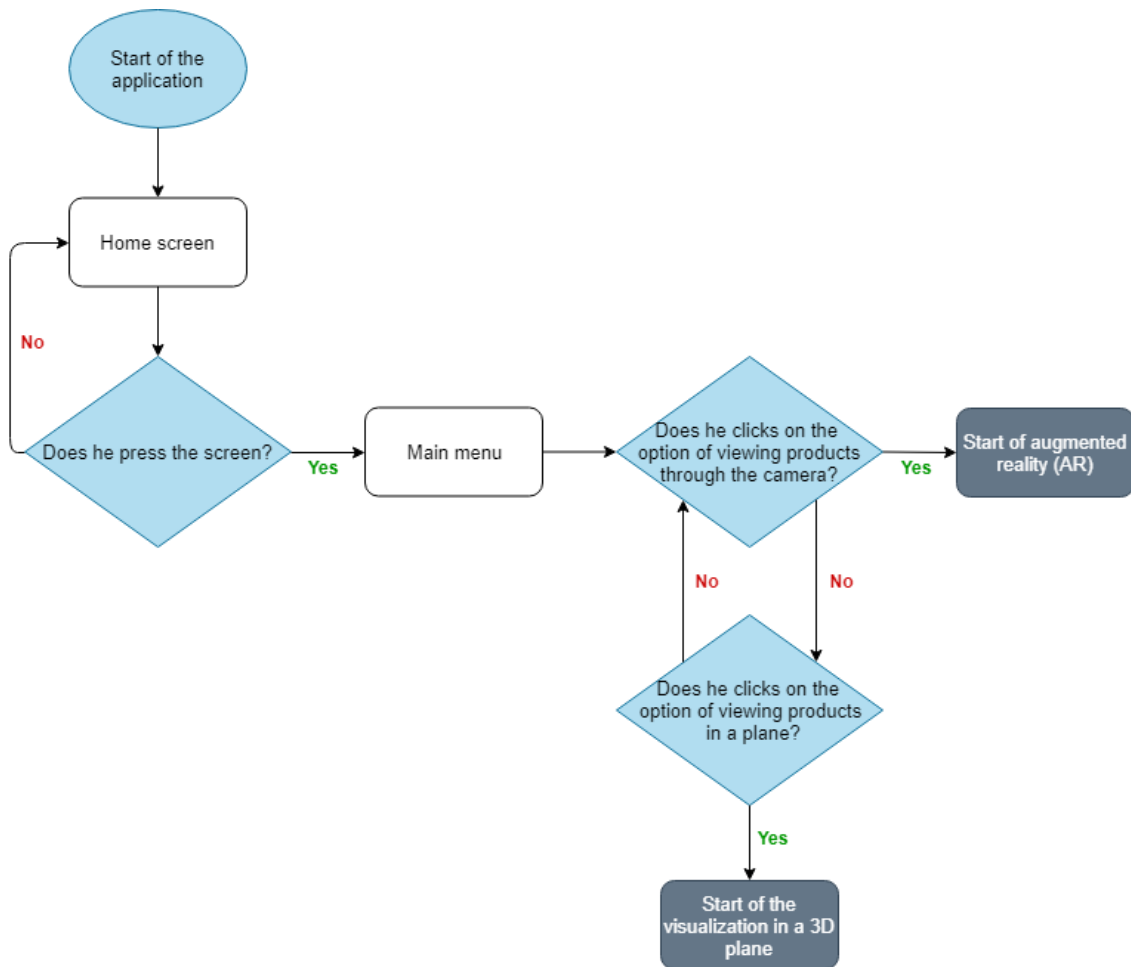


Fig B. 1. Flowchart of the general functioning of the application

When the application is started, the home screen is displayed and does not disappear until the user clicks on it. When this happens, the main menu is opened, and the user can choose between performing any of the two activities described.

The application consists of 4 main screens or scenes as described below.

B.3.1. InitialScene

This scene acts as the home screen of the application (see Fig 5.1) on which the user must click in order to access the main menu. Also, when the application is opened for the first

time in the device, a dialog box is opened in which the user is asked to authorize the permissions for the camera.

B.3.2. MainMenu

This scene acts as the main menu of the application offering the user the option to choose between two activities that are the one of viewing the furniture through the camera by means of AR or the one of viewing the furniture in a 3D plane (see Fig 5.2). When the user presses the upper button (visualization through the camera), the AR-Catalogue scene is opened. The same happens with the button of the second option (visualization in a 3D plane) but, in this case, when it is pressed, the Plane-Catalogue scene is opened.

B.3.3. AR – Catalogue

It corresponds to the scene where the user can visualize the furniture in a room through the device's camera thanks to augmented reality techniques. All the functionalities allowed in this scene are the explained below:

- When the scene starts, an information panel is shown for 4 second in order to give the user some instructions for the correct use of the visualization.
- When the information panel disappears, the user can see the real environment through the camera. When the user has already chosen the room or space where he wants to place the objects, he must press the “Iniciar” button in order to start tracking and displaying the furniture. In addition, in this scene there is an activity bar (small line at the bottom of the screen) that turns red if the environment is no longer recognized or green if the recognition is correct. When the activity bar turns red, the virtual models in the scene disappear and no function is possible.
- Already in the phase of tracking of the objects the user must, initially, select one of the pieces of furniture available in the catalogue. The catalogue is a panel that contains sub-panels of all the available objects. When any of these sub-panels is clicked, the corresponding furniture panel is opened, thus showing the user the different types of available designs.
- The sub-panels work exactly the same as the main catalogue panel. When one of the sub-panels of the sub-panel is pressed, the catalogue is deactivated, and a new instance of the selected object is created that will be seen through the device's screen superimposed on the real space captured by the camera.

- Once the object has been placed in the room, the user can place as many as he wishes from among the available in the catalogue.
- The user can move any active model in the scene by clicking on it with his finger and dragging it across the screen to alter its position.
- In the same way, the user can rotate any active model in the scene by clicking on it with two fingers and making a rotary movement.
- The “Resetear” button allows the user to return to the initialization phase and start the tracking again, eliminating the models that were active in the scene.
- The “Catálogo” button allows the user to open and close the catalogue.
- The “Exportar” button allows the user to export the objects placed in the AR-Catalogue scene to a 3D plane maintaining their position and rotation.
- The “Capturar pantalla” button saves the screen capture in the user’s device.
- Finally, the “Eliminar objeto” button allows the user to delete any virtual model that is active on the scene by simply pressing this button and then selecting the object itself with the finger.

B.3.4. Plane – Catalogue

It corresponds to the scene where the user can visualize the available objects in a 3D plane. Unlike the AR-Catalogue scene, this does not make use of the augmented reality techniques provided by the Wikitude SDK. All the functionalities allowed in this scene are the explained below:

- At the start of the scene the input panel is opened, and the user must enter the length and width (in meters) of the room he wants to simulate. The “Comenzar” button is disabled until both fields are filled. When the user presses this button, the input panel closes and shows the plane with the suggested dimensions.
- The user can already see the created plane with the suggested dimensions and can perform multiple functions. One of them is to open the catalogue in order to start viewing the furniture. To do so, the user should press de “Catálogo” button, which opens or closes the catalogue depending on whether it was opened or not. The catalogue is managed in the same way as explained previously. The only difference is that there are new objects available in this scene such as doors and

windows, as well as the possibility of changing the colour and material of the walls and floor.

- When one of the sub-panels of the catalogue is pressed, the catalogue is closed, and an instance of the selected objects is created as well as explained in the previous scene. The only difference is that, in this scene, the scale and rotation of the furniture is different since the rotation depends on the angles of the camera at that moment.
- The user can move any active model in the scene by clicking on it with his finger and dragging it across the screen to alter its position. The difference with the previous scene is that, in this case, maximum and minimum limits have been established in the x, y, z axes so that the objects, when moved, always remain within the limits of the plane.
- In the same way, the user can rotate any active model in the scene by pressing on it with two fingers and making a rotary movement.
- There are several buttons in charge of the main camera movements and rotation. These buttons are “Cambiar vista”, “Habilitar movimiento” and “Rotar cámara”. The first allows the user to visualize the plane from the top view (enabled by default) or from the inside view in order to visualize the plane from the inside.
- The “Habilitar movimiento” button allows the user to move the camera backwards and forwards and sideways in both top and inside views.
- The “Rotar cámara” button allows the user to change the camera rotation. Each time this button is pressed, the y axis is increased by 90 degrees and the camera angle is changed.
- In regard to the “Capturar pantalla” and “Eliminar objeto” buttons, these function the same way as explained in the scene discussed above.

B.5. Conclusions

This Computer Engineering Final Degree Project is based on the creation of an augmented reality application oriented to the field of interior design and decoration that acts as a simulator where users can visualize virtual furniture in 3 dimensions in two different ways. The first, which makes use of AR, is the option of visualizing the furniture on a real surface captured by the device’s camera in real time. The second way, however, is

an option in which users can build their own 3D plane with the desired dimensions and place on it the furniture available in the application catalogue.

Although in the Computer Engineering Degree many subjects of different mentions are taken, and several programming languages are learned, no subject related to augmented reality has ever been taken. This has made the documentation process quite complex and exhaustive.

For this project development, therefore, it has been necessary to carry out an arduous investigation about augmented reality, as well as about its history and current advances. In addition, a search has been carried out on the AR applications existing in the current market in the field of decoration. These application's functionalities and characteristics have been studied in order to create the 3Design application which offers newer functionalities such as exporting the furniture form de AR scene to the 3D plane one.

Once the state of art and the augmented reality characteristics and applications were known, a study was carried out on the different AR and Android development tools in order to appreciate its advantages and disadvantages. Finally, the Wikitude SDK was chosen for the development of the AR techniques and Unity was chosen as Android development engine.

Both have been very good choices as they have allowed the correct development of the application in a flexible and efficient way with all the desired functionalities and in the time initially set.

In the case of the application design and implementation, this has been one of the most complex points of this project due to the lack of knowledge about augmented reality techniques that have never been taught in the Computer Engineering Degree. In spite of this, with the help of the existing documentation and tutorials of both the Wikitude SDK and the Unity tool, the application has been successfully developed, correctly fulfilling the established objectives and even including functionalities that were initially discarded due to their complexity, such as the function of exporting the models from one scene to another.

In addition, the fulfilment of this Final Degree Project has made me not just learn about new technologies such as augmented reality, but also to increase my interest on the development and implementation of this type of AR applications that can have a great social and economic impact at the present time.

Finally, it should be noted that the application has certain limitations as the furnishig objects currently available are limited. Furthermore, the application is designed so that customers can only perform the action of visualizing the furniture in a real environment in real time or in a 3D plane. The purchase process, therefor, is alien to this software and will be done, if necessary, via the website of the company that manufactures the furniture

itself or directly in store. As future work, this and many other functionalities that have not been implemented for this project could be added.

B.6. Future work

This section details the future work and additional functionalities that could be carried out in order to improve the 3Desing application presented in this project.

- **Improvement of the export function:** the furniture export function implemented in this project calculates and maintains the model's orientation, as well as the relative position of some models with others. However, the distances between the models and the walls are not correctly calculated due to its complexity as it would be necessary to know, at every time, the distance between the device's camera and the front and side walls, as well as performing various mathematical calculations. As future work this distance could be calculated by using any measurement tool and, in this way, achieve a more accurate and realistic functioning of the export action.
- **Direct sale of the available furniture:** as discussed in the conclusions section, the product's purchase process is alien to the implemented software. However, as future work, this functionality could be implemented so that users can buy the desired furniture directly from the 3Design app.
- **Inclusion of more models:** likewise, in the conclusions section it has been discussed that the number of available models in the implemented application is limited. A possible future work would be to add a greater amount of different furnishing objects and designs among which users can choose.
- **Save scenes:** a feature that would be extremely useful would be to allow users to save their own scenes, both AR and 3D Plane. This way, if the user wants to go back to the design he was doing on his room, he can do it at any time. For example, if the user had created a plane with a bed and two tables, he will be able to save this scene and continue with the decoration at another time without having to start again. This will require a database in which store the user's saved scenes and their personal data, as well as a registration and login page for a more personalized access.
- **Share scenes:** another possible future work, similar to the previous one, would be to add the option for users to share the created scenes, both AR and 3D plane, so that other users can add comments and contribute to new design ideas. As in the

previous point, for this function a database, as well as registration and login pages would be required

- **Application also available for iOS:** develop the application for its use on devices with iOS operating system, in addition to Android, would be a great improvement in the scope of the implemented system as it would allow the use of the 3Design application to almost the entire population.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Realidad virtual (VR) y Realidad aumentada (AR) en las empresas,» Grupo garatu IT solutions, 16 Noviembre 2018. [En línea]. Disponible: grupogaratu.com/realidad-virtual-vr-realidad-aumentada-ar-las-empresas-industria-4-0/. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [2] «¿Por qué es tan importante la realidad aumentada?,» El Español, 29 Agosto 2017. [En línea]. Disponible: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2017/08/tan-importante-la-realidad-aumentada.html>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [3] C. Valdeolmillos, «La inversión en realidad aumentada y virtual sobrepasará los 20.000 millones en 2019,» MCPRO, 10 Diciembre 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.muycomputerpro.com/2018/12/10/inversion-realidad-aumentada-virtual-2019>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [4] «El sector del mueble y decoración en auge gracias al E-commerce,» Markepymes, [En línea]. Disponible: <https://markepymes.com/el-sector-del-mueble-y-decoracion-en-auge-gracias-al-e-commerce/>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [5] «Estudio de consumo móvil en España,» Deloitte, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/consumo-movil-espana.html>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [6] «Estas son las estremecedoras estadísticas de Pokémon Go,» Neox Games, [En línea]. Disponible: https://neox.atresmedia.com/games/noticias/actualidad/estas-son-estremecedoras-estadisticas-pokemon_2017040358e22f970cf2abec9e070951.html. [Último acceso: Mayo 2019].
- [7] «Estadísticas uso móvil 2018 - Cómo afectará esto a tu negocio y qué debes saber sobre las app para el futuro de tus ventas,» Multiatlás SL, Noviembre 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.comercios-electronicos.com/estadisticas-uso-movil-2018-como-afectara-a-tu-negocio-y-lo-que-debes-saber-sobre-las-app-para-el-futuro-tus-ventas/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [8] J. Groten, «El uso de dispositivos móviles en el ecommerce - Las cifras del mes,» Trusted Shops, 21 Marzo 2018. [En línea]. Disponible: <https://business.trustedshops.es/blog/dispositivos-moviles-cifras-del-mes/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [9] C. Sekulits, «Las pymes miran al futuro con la realidad aumentada,» Expansión, 25 Septiembre 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.expansion.com/pymes/2018/09/24/5ba0db01468aebfc508b45f9.html>. [Último acceso: Mayo 2019].

- [10] J. Fernández, «Realidad Aumentada, el fenómeno que cambiará la manera de hacer negocios,» Keyland, 19 Abril 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.keyland.es/realidad-aumentada-el-fenomeno-que-cambiara-la-forma-de-hacer-negocios/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [11] «FreeLogoDesign,» [En línea]. Disponible: <https://editor.freelogodesign.org/>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [12] C. Collado, «Los 9 sensores más importantes de tu móvil y para qué sirve cada uno,» Andro4All, 21 Diciembre 2018. [En línea]. Disponible: <https://andro4all.com/2018/12/sensores-movil>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [13] E. Olivero, «Hábitos de Consumo Mobile en España y en el Mundo en 2018,» Pickaso, 19 Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://pickaso.com/2018/informe-consumo-mobile-2018>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [14] F. Rivero, «Informe Mobile en España y en el Mundo en 2017,» Ditrendia, 2017. [En línea]. Disponible: https://www.amic.media/media/files/file_352_1289.pdf. [Último acceso: Mayo 2019].
- [15] «Sistema Operativo Móvil,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_operativo_m%C3%B3vil. [Último acceso: Mayo 2019].
- [16] «Business Data Platform,» Stalista, [En línea]. Disponible: <https://www.statista.com/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [17] «Symbian,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Symbian>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [18] J. M. A. Morgado, «Características y tabla comparativa de los sistemas operativos móviles más usados,» TecnoBlog, Marzo 2018. [En línea]. Disponible: <https://jmacuna.tecnoblog.guru/2017/03/sistemas-operativos-moviles.html>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [19] J. A. Pascual, «Adroid vs iPhone: la guerra de los smartphones en cifras,» Computer Hoy, 7 Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://computerhoy.com/reportajes/industria/android-vs-iphone-guerra-smartphones-cifras-271447>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [20] «StatCounter,» Abril 2019. [En línea]. Disponible: <http://gs.statcounter.com/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [21] M. García, «Historia del logo de Android,» Brandemia, 4 Octubre 2012. [En línea]. Disponible: <http://www.brandemia.org/la-historia-del-logo-de-android>. [Último acceso: Mayo 2019].

- [22] «Android,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Android>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [23] «Definición de Android,» Definición.de, 2018. [En línea]. Disponible: <https://definicion.de/android/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [24] «iOS Logo,» Pixel Legend, [En línea]. Disponible: <https://www.pixellegend.com/ios-logo/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [25] «iOS,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/IOS>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [26] «Definición de iOS,» ConceptoDefinición, 2018. [En línea]. Disponible: <https://conceptodefinicion.de/ios/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [27] «Realidad Aumentada: el mundo real con otros ojos,» Iberdrola, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.iberdrola.com/innovacion/que-es-realidad-aumentada>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [28] «Realidad aumentada,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_aumentada. [Último acceso: Mayo 2019].
- [29] «Realidad Aumentada,» Avances del celular, 2018. [En línea]. Disponible: <http://www.avancesdelcelular.weebly.com/definicion.html>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [30] «Realidad Aumentada: ¿Qué es la RA (Realidad Aumentada)?,» Multimedia Gratis, 17 Mayo 2017. [En línea]. Disponible: <http://www.multimediasgratis.com/imagen/que-es-la-realidad-aumentada.htm>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [31] «Elementos de la realidad aumentada,» Realidad-Aumentada.eu, 24 Abril 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.realidad-aumentada.eu/es/elementos-de-la-realidad-aumentada/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [32] «Realidad virtual,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual. [Último acceso: Mayo 2019].
- [33] J. Vicente, «La realidad virtual es algo más que los videojuegos,» Los40, 26 Noviembre 2018. [En línea]. Disponible: https://los40.com/los40/2018/11/26/tecnologia/1543239196_147979.html. [Último acceso: Mayo 2019].
- [34] «Realidad mixta,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_mixta. [Último acceso: Mayo 2019].
- [35] I. Ríos, «Realidad virtual, Realidad aumentada, Realidad mixta: todo lo que debes saber,» MC, 17 Julio 2018. [En línea]. Disponible:

<https://www.muycomputer.com/2018/07/17/realidad-virtual-realidad-aumentada-y-realidad-mixta-todo-lo-que-debes-saber/>. [Último acceso: Mayo 2019].

- [36] «Realidad Aumentada,» innovae, 2018. [En línea]. Disponible: <http://realidadaugmentada.info/realidad-aumentada/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [37] «Concepto de Layar,» NeoAttack, [En línea]. Disponible: <https://neoattack.com/neowiki/layar/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [38] «¿Cómo funciona la realidad aumentada?,» Ordenadores y portátiles, [En línea]. Disponible: <http://www.ordenadores-y-portatiles.com/realidad-aumentada.html>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [39] «Metaio,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://en.wikipedia.org/wiki/Metaio>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [40] «Antecedentes de la tecnología de realidad aumentada actual,» bso.Multimedia, 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.bsomultimedia.com/bsommedia/es/ejemplos-de-aplicaciones-de-la-tecnologia-de-realidad-aumentada/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [41] «Pokémon GO,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Pok%C3%A9mon_GO. [Último acceso: Mayo 2019].
- [42] J. M. Berengueras, «Pokémon GO añadirá 80 nuevas criaturas esta semana,» elPeriódico, 15 Febrero 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.elperiodico.com/es/tecnologia/20170215/pokemon-go-nuevos-actualizacion-5839511>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [43] «Snapchat,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/Snapchat>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [44] R. Levy, «Así se consiguen los filtros de Snapchat en la vida real,» L'Beauté, [En línea]. Disponible: <https://lbeaute.mx/maquillaje/asi-se-consiguen-los-filtros-snapchat-la-vida-real/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [45] «Estos son los mejores filtros de Snapchat,» El Mundo, 14 Noviembre 2016. [En línea]. Disponible: <https://buhomag.elmundo.es/entretenimiento/mejores-filtros-snapchat/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [46] J. Jara, «Las mejores aplicaciones de realidad aumentada para iOS y Android,» Digital Trends, 5 Marzo 2019. [En línea]. Disponible: <https://es.digitaltrends.com/entretenimiento/mejores-aplicaciones-realidad-aumentada/>. [Último acceso: Mayo 2019].

- [47] J. DiGiovanni, «Ink Hunter Tatoo Trial App,» HiConsumption, 14 Abril 2016. [En línea]. Disponible: <https://hiconsumption.com/ink-hunter-tattoo-trial-app/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [48] M. Arenas, «11 apps de realidad aumentada que puedes usar en tu móvil,» El Corte Inglés, 31 Julio 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.tecnologiadetatu.elcorteingles.es/telefonía/11-apps-de-realidad-aumentada-que-puedes-usar-en-tu-movil/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [49] «Google I/O 2019: resumen de las novedades para Assistant, Android Q, Pixel y más,» ADSLZone, [En línea]. Disponible: <https://www.adslzone.net/2019/05/07/google-io-2019-resumen/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [50] M. Regueira, «Google añade modelos 3D y realidad aumentada a su buscador,» El Grupo Informático, 7 Mayo 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.elgrupoinformatico.com/google-anade-modelos-realidad-aumentada-buscador-t73653.html>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [51] N. Castañón, «Un oso panda o un tiburón: Google añade modelos nuevos 3D y realidad aumentada a su buscador,» Andro4All, 30 Mayo 2019. [En línea]. Disponible: <https://andro4all.com/2019/05/google-buscador-nuevos-modelos-3d>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [52] «Google Glass,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Google_Glass. [Último acceso: Mayo 2019].
- [53] J. Miller, «Siete aplicaciones útiles para Google Glass,» BBC, 24 Junio 2014. [En línea]. Disponible: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/06/140624_siete_aplicaciones_google_glass_lv. [Último acceso: Mayo 2019].
- [54] «Windows Mixed Reality,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Windows_Mixed_Reality. [Último acceso: Mayo 2019].
- [55] «Microsoft HoloLens dota a los técnicos de ascensores de nuevos ojos,» Urban hub, 15 Septiembre 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.urban-hub.com/es/technology/mantenimiento-de-ascensores-virtual/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [56] L. Grozdanic, «The Top 5 Virtual Reality and Augmented Reality Apps for Architects,» Archipreneur, 3 Agosto 2017. [En línea]. Disponible: <https://archipreneur.com/top-5-virtual-reality-augmented-reality-apps-architecture/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [57] «iStaging adds ARKit to elevate its suite of digital-space design innovations,» istaging, 17 Octubre 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.istaging.com/en/newsroom/istaging-arkit-ready>. [Último acceso: Mayo 2019].

- [58] S. J. Ortiz, «Esta app de IKEA con AR soluciona lo peor de comprar muebles,» iPadizate, 25 Septiembre 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.ipadizate.es/2017/09/25/app-ikea-realidad-aumentada/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [59] A. Wyers, «The Decorator App Allows You to Preview Home Decor Elements in Advance,» Trend hunter, 29 Enero 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.trendhunter.com/trends/decorator-app>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [60] «Roomle iPad app,» German Design Award, 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.german-design-award.com/en/the-winners/gallery/detail/11594-roomle-ipad-app.html>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [61] «Innovar con la realidad aumentada industrial,» PTC, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.ptc.com/es/products/augmented-reality>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [62] «Top 5 herramientas para crear apps de realidad aumentada,» Estudio Alfa, 21 Marzo 2017. [En línea]. Disponible: <https://estudioalfa.com/top-herramientas-crear-apps-realidad-aumentada>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [63] «Image Targets,» Vuforia, [En línea]. Disponible: <https://library.vuforia.com/articles/Training/Image-Target-Guide>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [64] «Wikitude,» Wikitude, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.wikitude.com/>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [65] «Wikitude,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wikitude>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [66] «Wikitude Documentation for Unity,» Wikitude, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.wikitude.com/external/doc/documentation/latest/unity/> [Último acceso: Mayo 2019].
- [67] «OpenCV,» OpenCV, 2019. [En línea]. Disponible: <https://opencv.org/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [68] «OpenCV,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/OpenCV>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [69] «ARCore,» ARCore, 2019. [En línea]. Disponible: <https://developers.google.com/ar/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [70] C. Collado, «Todos los móviles compatibles cor ARCore, la realidad aumentada de Google para Android,» Andro4All, 21 Junio 2019. [En línea]. Disponible:

<https://andro4all.com/2018/07/moviles-compatibles-arcore-realidad-aumentada-google-android/>. [Último acceso: Junio 2019].

- [71] «Wikitude Plugin,» Felgo, [En línea]. Disponible: <https://felgo.com/doc/plugin-wikitude/>. [Último acceso: Mayo 2019].
- [72] «Funciones de Android Studio,» Developers, [En línea]. Disponible: <https://developer.android.com/studio/features?hl=es>. [Último acceso: Junio 2019].
- [73] «Android Studio,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Android_Studio. [Último acceso: Junio 2019].
- [74] «Android Studio Developers,» Android Studio, 2019. [En línea]. Disponible: <https://developer.android.com/studio>. [Último acceso: Junio 2019].
- [75] «Unity,» Unity, 2019. [En línea]. Disponible: <https://unity3d.com/es/unity>. [Último acceso: Junio 2019].
- [76] «Unity (motor de videojuego),» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_\(motor_de_juego\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Unity_(motor_de_juego)). [Último acceso: Junio 2019].
- [77] «Desarrollo de juegos con Unity 3D, ¿cómo funciona esta herramienta?,» YeePLY, [En línea]. Disponible: <https://www.yeeply.com/blog/desarrollo-de-juegos-con-unity-3d/>. [Último acceso: Junio 2019].
- [78] «Visual Studio Tools para Xamarin,» Microsoft, [En línea]. Disponible: <https://visualstudio.microsoft.com/es/xamarin/>. [Último acceso: Junio 2019].
- [79] «¿Qué es Xamarin?,» OkDiario, 25 Marzo 2018. [En línea]. Disponible: <https://okdiario.com/tecnologia/que-xamarin-2022974>. [Último acceso: Junio 2019].
- [80] «Apache Cordova,» Apache Cordova, 2019. [En línea]. Disponible: <https://cordova.apache.org/>. [Último acceso: Junio 2019].
- [81] «Apache Cordova,» Wikipedia, 2019. [En línea]. Disponible: https://es.wikipedia.org/wiki/Apache_Cordova. [Último acceso: Junio 2019].
- [82] «Draw.io,» Google, [En línea]. Disponible: <https://www.draw.io/>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [83] «Wikitude Downloads,» Wikitude, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.wikitude.com/download/>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [84] «TurboSquid,» [En línea]. Disponible: <https://www.turbosquid.com/Search/3D-Models/free/fbx>. [Último acceso: Junio 2019].

- [85] «Survio,» [En línea]. Disponible: <https://www.survio.com/es/entrar>. [Último acceso: Septiembre 2019].
- [86] «Encuesta Survio,» Survio, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.survio.com/survey/d/P4J8G4Y2H8Z7G3P9J>.
- [87] «Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales,» Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 6 Diciembre 2018. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2018-16673>. [Último acceso: Junio 2019].
- [88] «Real Decreto Legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia,» Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 22 Abril 1996. [En línea]. Disponible: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1996-8930>. [Último acceso: Junio 2019].
- [89] «Licenses,» Wikitude, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.wikitude.com/product/sdk-pro-time-fee/>. [Último acceso: Junio 2019].
- [90] «Wikitude Academy,» Wikitude, 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.wikitude.com/wikitude-academy/>. [Último acceso: Junio 2019].
- [91] «Compare Plans,» Unity, 2019. [En línea]. Disponible: <https://store.unity.com/compare-plans>. [Último acceso: Junio 2019].
- [92] «Freepik,» 2019. [En línea]. Disponible: <https://www.freepik.es/fotos-vectores-gratis/texturas>. [Último acceso: Junio 2019].